

طراحی و اجرای پله برقی

آنچه مهندسان باید از پله برقی بدانند.

تألیف :
مهندس کریم میرزاپور

با همکاری سازمان نظام مهندسی ساختمان استان زنجان

قلم مهر

۱۴۰۰

سرشناسه	:	میرزاپور، کریم، ۱۳۶۲ -
عنوان و نام پدیدآور	:	طراحی و اجرای پله برقی : آنچه مهندسان باید از پله برقی بدانند/تالیف کریم میرزاپور ؛ ویراستار زیبا کیودوند ؛ با همکاری سازمان نظام مهندسی ساختمان استان زنجان
مشخصات نشر	:	زنجان : قلم مهر، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	:	۲۶۴ص: مصور، جدول.
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۷۶۸۷-۱۲-۵: ریال ۸۷۰۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
عنوان دیگر	:	آنچه مهندسان باید از پله برقی بدانند.
موضوع	:	پله برقی — طراحی و ساخت
موضوع	:	Escalators -- Design and Construction
موضوع	:	پله برقی
موضوع	:	Escalators
شناسه افزوده	:	سازمان نظام مهندسی ساختمان استان زنجان
رده بندی کنگره	:	TJ۱۳۷۶
رده بندی دیویی	:	۶۳۱/۸۶۷۶
شماره کاتالانسی ملی	:	۷۶۴۳۲۵۹



www.ketab.ir

انتشارات قلم مهر

عنوان کتاب :	طراحی و اجرای پله برقی (آنچه مهندسان باید از پله برقی بدانند)
تألیف :	مهندس کریم میرزاپور
ناشر :	انتشارات قلم مهر
نوبت چاپ :	اول / ۱۴۰۰
صفحه آرا و طرح جلد :	تبلیغات پارسا / حسن گلزاری
ویراستار :	زیبا کیودوند
لیتوگرافی و چاپ :	بیان
تیراژ :	۱۰۰۰ جلد
قیمت :	۸۷۰,۰۰۰ ریال



نشانی سازمان: زنجان، بلوار شیخ اشراق

تقاطع پروین اعتصامی تلفن: ۳۳۰۴۹۱۰۰ نمابر: ۳۳۷۷۴۹۰۰

نشانی سایت سازمان www.zanjan-nezam.org

نشانی ناشر: زنجان، پاساژ کسری - شماره ۲۶ تلفن: ۳۳۳۲۹۳۱۷

بسمه تعالی

سازمان نظام مهندسی ساختمان در سال ۱۳۷۴ به موجب قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان که در مجلس شورای اسلامی مصوب گردید، تاسیس شد. از اهداف و وظایف مهم این سازمان‌ها ارتقای دانش فنی صاحبان حرفه‌ها، تأمین موجبات رشد و اعتلای مهندسی در کشور، بالا بردن کیفیت خدمات مهندسی و ترویج مقررات ملی ساختمان می‌باشد. سازمان نظام مهندسی استان زنجان با توجه به اهداف ذکر شده در قانون و در راستای تحقق آن‌ها گام‌های موثری برداشته است. از جمله این اقدامات کتب و نشریاتی است که توسط سازمان تحت عناوین اساسور، نشریه بنا و نما و مجموعه‌ای از کتاب‌های آموزشی و فرهنگی برای گروه سنی الف تا ج با هدف فرهنگ‌سازی و ترویج مقررات ملی ساختمان به چاپ رسیده است.

کتاب حاضر به همت جناب آقای مهندس کریم میرزاپور تهیه و گردآوری شده و حاصل تلاش و زحمات ایشان می‌باشد که به عنوان یکی از اعضای این سازمان و با چندین سال سابقه علمی و اجرایی، تالیف و گردآوری شده است. امید آنکه این اقدام گامی در جهت ارتقای دانش مهندسان و مجریان علی‌الخصوص در بخش طراحی، نظارت و اجرا بوده و مورد توجه مخاطبین عزیز قرار گیرد و تلاش صورت پذیرفته قدمی هرچند کوچک در مسیر ارتقای خدمات مهندسی و صیانت از حقوق بهره‌بردار باشد. سپاسگزار خواهیم بود که خوانندگان گرامی از نقطه نظرات سازنده و راهگشایشان این سازمان را بی نصیب نگذارند.

مهندس حسن مجتبی‌زاده

رئیس سازمان نظام مهندسی ساختمان استان زنجان

بهار ۱۴۰۰

فهرست

۱.....	مقدمه
۱.....	تاریخچه پله برقی و راهروهای متحرک
۲.....	تاریخچه پله برقی در ایران
۳.....	تاریخچه ساخت پله برقی
۳.....	طراحی و نصب اولین دستگاه‌های پله برقی
۵.....	فصل ۱
۵.....	آشنایی با پله برقی
۵.....	دلایل استفاده روزافزون از پله برقی و پیاده روی متحرک
۷.....	در طراحی پله باید نکات زیر رعایت شود
۱۱.....	فصل ۲
۱۱.....	اجزای محرک
۱۱.....	نیرو محرکه پله برقی Drive Station
۱۲.....	۱) الکترو موتور Electro - Motor
۱۲.....	موتور پله برقی
۱۴.....	سیستم ترمز (Brake system)
۱۴.....	ملاحظات ترمز Break Requirements
۱۵.....	کلاس ایزولاسیون (Insulation Class)
۱۵.....	سیستم ایزولاسیون (Insulation System)
۱۶.....	مگنت ترمز پله برقی
۱۶.....	قفل پله STEP BAND LOCK
۱۷.....	۲) گیربکس Gear Box
۱۷.....	انواع گیربکس‌ها در پله برقی
۱۸.....	معرفی اصطلاحات مهم در چرخ‌دنده
۱۹.....	گیربکس تک سرعت و چند سرعت
۲۰.....	محاسن چرخ‌دنده‌ها
۲۰.....	معایب چرخ‌دنده‌ها
۲۰.....	انواع چرخ‌دنده‌ها
۲۰.....	چرخ دنده ساده (Spur Gear)
۲۱.....	چرخ دنده مارپیچ (Helical Gear)
۲۱.....	چرخ‌دنده‌های جناقی و دو مارپیچ
۲۲.....	چرخ دنده‌های داخلی
۲۲.....	چرخ دنده‌های شانه‌ای

۲۲	چرخنده مخروطی (Bevel Gear)
۲۲	چرخنده‌های مخروطی ساده
۲۳	چرخنده‌های مخروطی مارپیچی
۲۳	چرخ دنده‌های مارپیچی متناظر محور
۲۳	چرخ و پیچ حلزون (WormGear)
۲۴	چرخنده‌های خورشیدی
۲۶	شکست در چرخنده‌ها
۲۷	عملیات حرارتی چرخنده‌ها
۲۷	جدول مربوط به چرخنده‌ها
۲۷	روابط چرخنده‌های ساده متریک
۲۸	روابط چرخنده‌های ساده اینچی
۲۸	روابط چرخنده شانه‌ای
۲۹	روابط چرخنده‌های مارپیچ
۳۰	روابط پیچ حلزون
۳۳	فرمول‌های چرخ دنده
۳۳	نسبت دنده
۳۴	یافتن نسبت دنده قطار دنده
۳۴	دو دنده
۳۶	بیش از دو دنده
۳۹	اساس کار موتورهای پله برقی‌ها و پیاده روی‌های متحرک
۴۱	موتور پله برقی
۴۳	ظرفیت و انتخاب قطر مارپیچ
۴۴	عملکرد حرارتی
۴۵	۳) زنجیر محرک اصلی یا Main Drive Chain
۴۵	زنجیر
۴۶	انواع زنجیرها و کاربرد آن‌ها
۴۶	الف - زنجیرهای پینی
۴۷	ب - زنجیرهای بوشی
۴۷	ج - زنجیرهای حلقوی
۴۸	د - زنجیرهای دنده ای
۴۸	طرح دندانه در چرخ زنجیرها
۴۹	روغن کاری زنجیرها و چرخ زنجیرها
۴۹	۴) چرخ زنجیر محرک پله‌ها یا Sprocket
۵۰	جنس مواد چرخ زنجیرها
۵۰	سمانتاسیون
۵۱	کربن دهی به سطح فولاد
۵۱	کربن دهی پودری یا جامد، مایع و گازی
۵۲	سخت کاری سطحی فولادهای سماتنه

مقدمه

تاریخچه پله برقی و راهروهای متحرک

انسان مدرن در مسیر تکامل، نیازمند اعمال تغییرات در محیط پیرامون خود است که نمودی از پیشرفت او به شمار خواهد رفت. از این رو در گذر از دوره‌های پیش به عصر و روزگار صنعتی، که با انقلاب صنعتی همراه بود، راه برای توسعه، هموار و عصر سرد فلز آغاز شد. در عصری که از تاریخ به بیرون پرتاب شده است، عصری که در آن دیگر هیچ ساختمان و سازه‌ای میراثی برای باستان شناسان قرن‌های بعد نخواهد داشت، چرا که عمر تعریف شده در توجیه مالی و صنعتی نهفته شده و با گذشت زمان نه چندان زیاد و با رفع تکلیف سازه (با توجه به رشد قیمت زمین و افزایش تراکم انسان‌ها) فرمان تخریب آن صادر خواهد شد. در گذر سریع و بی شفقت زندگی، آدم‌ها با سرعت به پیش و پس می‌روند و حتی لحظه‌ای از حرکت باز نمی‌ایستند چرا که شهرها دیگر جایی برای لحظه‌ای ایستادن و توقف ندارند.

توسعه روزافزون و پایه‌پای علم و صنعت جهت رفع نیازمندی انسان و از سوی دیگر رشد جمعیت و افزایش نیاز به استفاده از فضای حجمی به جای فضای سطحی در قالب آپارتمان‌های چندین طبقه را به وجود آورد. از این رو آسانسور و پله متحرک نقش جابجایی افراد را به عهده گرفتند.

پله‌برقی‌ها بیشترین ظرفیت جابه‌جایی عمودی را در بین دستگاه‌های مشابه نظیر آسانسور را دارا می‌باشند. استفاده از این وسیله در اماکن عمومی نظیر متروها، پایانه‌های مسافری، فروشگاه‌ها و مرکز تجاری مزیت‌های رقابتی و ارزش افزوده بسیاری را به دنبال دارد. پله برقی یکی از برجسته‌ترین سیستم‌های جابجایی در مکان‌های پر ترافیک در دنیا به شمار می‌رود که توانسته است دستگاه‌های با طراحی بسیار

زیبا، کاملاً ایمن و با کیفیت بالا به مشتریان خود عرضه نماید. طراحی پله برقی‌ها به گونه‌ای است که به هر مکانی در صورت امکان اجازه این را می‌دهد تا از کمترین فضای موجود جهت اجرا و نصب پله برقی استفاده گردد. پله برقی‌ها ظرفیت بالایی برای جابه‌جایی افراد دارند و قابل نصب در همان فضای فیزیکی راه پله هستند. پله برقی‌ها هیچ زمان انتظاری ندارند مگر در ترافیک‌های بسیار سنگین جمعیتی. در مراکز تجاری می‌توان هدایت جمعیت به سمت طبقات بالاتر یا پایین‌تر از همکف را در دو حالت با پله برقی و بدون پله برقی به راحتی مقایسه نمود. بسیاری از طبقات بالایی مراکز تجاری در ایران به دلیل عدم وجود پله برقی با تردد بسیار کمتری مواجه هستند و به همان نسبت رونق کسب و کار در آن‌ها بسیار کمتر می‌باشد. امروزه حتی در فروشگاه‌های کوچک دو طبقه برای انتقال مشتریان به طبقه بالاتر، از پله برقی استفاده می‌شود. هر چند قیمت اولیه پله برقی بالا به نظر می‌رسد؛ اما در مقایسه با منافع بسیار زیاد و طولانی مدت آن، به شدت اقتصادی است. آنچه در این کتاب بدان اشاره می‌گردد؛ معرفی قطعات و توضیحات مختصری در روش ساخت آن‌ها همچنین اصول کلی طراحی و ساخت پله برقی‌ها می‌باشد.

پله برقی به یک رشته پلکان به هم پیوسته و متحرک که بین فواصل طبقات و در یک جهت حرکت می‌کند و برای جابجا کردن افراد (برای بالا و پایین بردن) به کار می‌رود و قابلیت جابجایی حجم بسیار بالاتری نسبت به آسانسورها را در ساختمان‌ها دارد، گفته می‌شود حتی انواع سر پوشیده آن‌ها برای استفاده در فضای باز نیز در دسترس می‌باشد. پله برقی‌های نصب شده قادرند سالانه میلیاردها مسافر را جابه‌جا نمایند. پله برقی و هم خانواده آن یعنی پیاده‌رو برقی نیروی محرک خود را با استفاده از موتورهای جریان متناوبی که سرعت ثابتی را ایجاد می‌کنند تأمین می‌نمایند.

به طور کلی مزایای استفاده از پله برقی به شرح زیر می‌باشد:

- استفاده از پله برقی ارزان‌ترین روش جابه‌جایی افراد بین دو سطح متفاوت می‌باشد.
 - مناسب‌ترین شیوه برای جابه‌جایی مسافران، حرکت پله برقی در یک جهت می‌باشد. اگر چه می‌توان هنگام استفاده، حرکت در هر دو جهت را برای آن تعریف نمود.
- باید توجه داشت که پله برقی باید قابلیت حرکت در دو جهت پایین و بالا را داشته باشد. تعویض جهت حرکت پس از تخلیه کامل افراد بر عهده تکنسین مقیم و مسئول پله برقی می‌باشد دانستن این نکته ضروری است که جهت حرکت نباید توسط مسافرن قابل تغییر باشد.

تاریخچه پله برقی در ایران

هر چند تاریخی مستند و دقیقی از ورود اولین پله برقی به کشور در اختیار نیست اما بنابر برخی نقل قول‌ها سال ۱۳۳۸ را می‌توان تاریخ ورود آن به ایران دانست. در آن سال پله برقی در یکی از فروشگاه‌های تهران مورد استفاده قرار گرفت. این پله ساخت شرکتی آلمانی بود و نصب و راه اندازی آن را نیز کارشناسان آلمانی انجام دادند. بعدها پله برقی‌های فروشگاه‌های دیگری در تهران که در اوایل ۱۳۵۰ راه اندازی شدند

از شرکت فرانسوی خریداری شده بودند. در دوران قبل از انقلاب به دلیل حضور برخی از نمایندگی‌های خارجی در داخل کشور انتقال تکنولوژی نصب و راه اندازی و سرویس و نگهداری پله برقی به کارشناسان ایرانی نیز تا حدودی رواج یافت. بعد از انقلاب شرکت‌های خارجی دیگری وارد بازار کشور شدند که مهم ترین آن‌ها از کشورهایی چون یوگسلاوی سابق (کرواسی)، کره و آلمان بودند. اما فعالیت‌هایی که این شرکت‌ها در داخل کشور انجام می‌دادند، تقریباً هیچ وقت از واردات، نصب و سرویس فراتر نمی‌رفت. کشش بسیار اندک بازار پله برقی در ایران را که متأسفانه هنوز هم ادامه دارد را باید دلیل اصلی عدم سرمایه‌گذاری کلان در زمینه ساخت در این زمینه دانست هر چند هم اکنون تولید کنندگان کارآمدی در کشور توانایی ساخت اکثر قطعات پله برقی را دارا بوده و در برخی زمینه‌ها شروع به تولید قطعات نموده‌اند.

تاریخچه ساخت پله برقی

در سال ۱۸۵۹ ناتان آمیز آمریکایی اولین امتیاز ثبت اختراعی را به نام خود تقاضا نمود و عنوان آن را پله‌های گردان گذاشت شکل این پله‌ها به صورت مثلث متساوی الاضلاع بود که از طریق آن مسافر روی یک ضلع سوار شده و در انتها پیاده می‌گردید اما کار بر روی این اختراع و تکمیل آن ادامه یافت تا اینکه در سال ۱۸۹۲ شخصی به نام رنو اختراع خود را در انگلیس تحت عنوان آسانسور با پله‌های متوالی ثبت کرد. در سال ۱۹۰۰ نمونه آن به صورت عملی در نیویورک استفاده شد و تا سال ۱۹۵۵ در همان محل مورد استفاده بود. اختراع پله برقی به شکل قابل استفاده برای عموم را به یکی از کارمندان شرکت آسانسور اوتیس بنام چارلز دی سیبرگ نسبت می‌دهند. اختراع او، در نمایشگاه سال ۱۹۰۰ پاریس ارائه شد که موفق به کسب جایزه اول گردید. سیبرگ، کلمه پله برقی را از ترکیب دو واژه ESCALA که در لاتین به معنای پله‌ها می‌باشد و ELEVATOR که به معنای آسانسور است ابداع نمود. در ۱۹۱۰ سیبرگ حق ثبت اختراع خود را به شرکت آسانسور اوتیس واگذار نمود. علیرغم پیشرفت‌های بسیاری که در زمینه تکمیل این اختراع از بدو تولد تا کنون صورت گرفته، اما طراحی اولیه سیبرگ، هنوز هم اساس ساخت پله برقی است. این ماشین تشکیل شده از دو پلتفرم بالا و پایین که توسط یک خرابای فلزی به هم متصل هستند. خرابا شامل دو چرخ محرک است که یک سری پله را به صورت یک حلقه پیوسته به حرکت در می‌آورند. خرابا همچنین مجهز به حفاظ و دو نوار دستگیره است که با سرعتی هماهنگ با سرعت حرکت پله‌ها حرکت می‌کنند.

طراحی و نصب اولین دستگاه‌های پله برقی

طرح اولیه درست مانند همه نقاله‌ها بود ولی بعدها شامل گیره‌هایی شد که قابل کاربرد در گروه‌های سه تایی که پایین‌تر از قسمت هدایت کننده و بالاتر از قسمت متحرک بودند در نظر گرفته شد این کار جاگیری بهتر را برای پاها به هنگام بالا رفتن ایجاد می‌کرد.