مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۱، جلد ۳، ص. ۷۸-۶۳

آموزش و فراگیری کارآمد مفهوم پایداری هندسی سازه‌ها

علی کاوه و شاهین مخترع

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران

چکیده : بررسی پایداری کلی سازه می‌تواند در ارتباط رفتار سازه به صورت یک جسم صلب، در مواردی از قبیل واژگونی و لغزش مطرح شود و یا می‌تواند به رفتار مکانیزمی سازه‌های سرهم شده از اعضای مختلف مربوط باشد. این مقاله به آموزش و فراگیری کیفی مفهوم پایداری اختصاص دارد و به‌طور خاص به بررسی برنامه دوره کارشناسی می‌پردازد. سرانجام با ارائه پیش‌زمینه‌ای به منظور آشنایی با شرح حرفه‌ای پایداری سازه‌ای پایان می‌یابد.

یکی از ابعاد نوآوری این برنامه، انتقال یک مهارت مهم در تربیت مهندسان عمران و سازه از سطح دوره کارشناسی ارشد به شکل یک تمرین قابل درک برای دوره‌های کارشناسی است. روش فراگیری از طریق «انجام» به‌خودی خود در دوره‌های تحصیلات تکمیلی، نوآوری جدیدی محسوب نمی‌شود، اما کاربرد آن در به کارگیری نگاه کاوشگر دانشجو و روند بازخورد، در این مورد خاص می‌تواند نوآوری محسوب گردد، به‌خصوص در دروس کارشناسی که آموزش به‌صورت عام بر محور «تدریس» استوار است.

واژه‌های کلیدی : پایداری سازه‌ها، آموزش، مهاربندی، قاب فلزی، بارهای افقی.

۱. مقدمه

صلبیت یا پایداری هندسی سازه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است و توجه به آن در آموزش مهندسی سازه امری ضروری است. هرچند در درس بارگذاری تا اندازه‌ای به این مسئله پرداخته می‌شود، لیکن آموزش غالباً به‌صورت نظری انجام می‌شود. موضوع صلبیت در مؤلفه‌های سازه‌ای نظیر خرپاها نیز پژوهش‌های زیادی را به خود اختصاص داده است. شاید تعجب‌آور باشد اگر یادآوری شود که تیم‌های بسیار قوی ریاضی در سه دهه گذشته بر روی صلبیت خرپاها تلاش کرده‌اند، لیکن روش‌های گراف تئوریکی فقط برای خرپاهای مستوی تبیین شده است و هنوز روش مؤثر گراف تئوریکی برای خرپاهای فضایی ابداع نشده است [۱].

- برنامه مؤثری در دانشگاه برایتون توسط پالمر [۱] تدوین شده است و بیشترین بخش این مقاله به تجربه‌های به‌دست آمده در آن دانشگاه اختصاص دارد.

- بیان چگونگی پایداری سازه‌ای عبارت است از: شرحی روشن و کیفی از چگونگی ساخت سازه، بیان تأثیر ساختار آن در مقابل نیروهای وارده، همچنین مطالبی در باره استحکام سازه و حساسیت آن در برابر عواملی از قبیل اثر بارهای بیش از حد مجاز، سیل، آتش‌سوزی و تغییر شیمیایی.

بخش ششم این مقاله شامل سؤالهای یک امتحان ساده همراه با پاسخ آن در سطح کارشناسی است که به‌صورت نمونه‌ای از چگونگی پایداری سازه‌ای ارائه شده است.

۲. تبدیل دستاوردهای حرفه‌ای مفید و در حال توسعه به مواد قابل آموزش دوره کارشناسی

ارائه این چنین توضیحاتی در شرح چگونگی پایداری سازه‌ای، به‌صورت روشن و مختصر، هم در باره تحلیل سازه‌های موجود و هم به‌صورت روندی که به محاسبات طراحی ختم شود، یک تمرین حرفه‌ای خوب محسوب می‌شود. این مهارت در ادامه به عاملی در شکل‌گیری دانش کاربردی یک مهندس با عنوان دستاوردهای حرفه‌ای در حال توسعه (CPD) تبدیل می‌شود. پالمر [۲] اعتقاد دارد که تمرین شرح چگونگی پایداری سازه‌ای که در دانشگاه برایتون اجرا می‌شود، به دلیل کاربرد آن در برنامه دوره کارشناسی و روش‌های آموزش و فراگیری، یک نوآوری محسوب می‌شود. در حال حاضر هیچ کتابی وجود ندارد که در شرح این مهارت به‌خصوص تلاشی انجام

داده باشد.

۱.۲. طرح کلی مراحل دوره

دوره‌ای که در دانشگاه برایتون برگزار می‌شود، شامل همان سال‌های تحصیلی دوره مهندسی عمران در مقطع کارشناسی است که به صورت خلاصه عبارت است از:

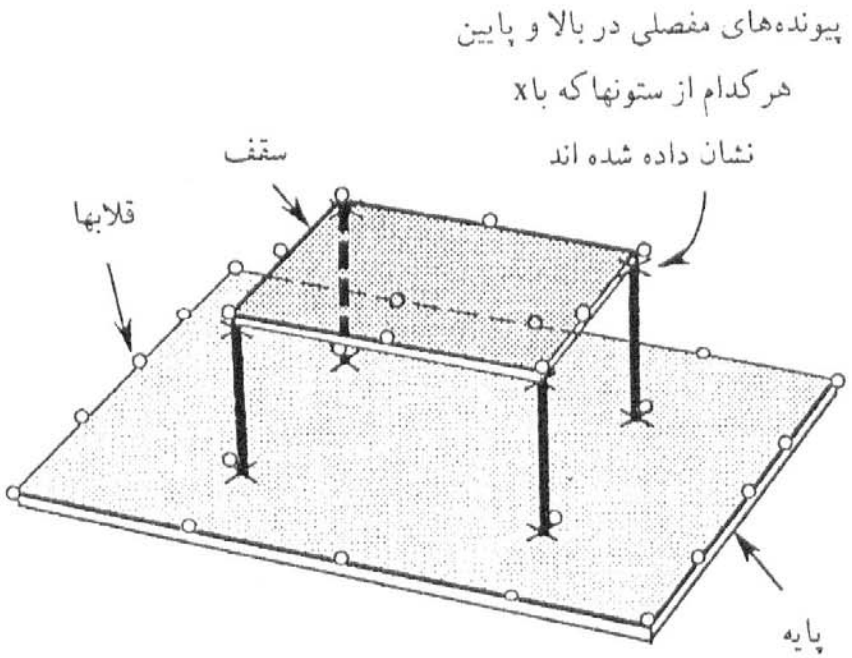
- سال اول شامل بالابردن آگاهی دانشجو در ارتباط با رفتار سه‌بعدی سازه‌های حقیقی، آموزش مکانیک پایه و اصول تعادل است.
- سال دوم شامل طراحی اعضای سازه‌ها و تحلیل سازه‌های نامعین است که با یک هفته کار طراحی پایان می‌پذیرد و در آن پایداری کلی یکی از سرفصل‌های آن درس است.
- سال آخر دوره، شامل طراحی سازه به‌طور کامل است، در ابتدا بر روی شرح معمول چگونگی پایداری سازه‌ای متمرکز می‌شود. در ادامه دادن پاسخ‌های کوتاه به سؤالهای قسمت دوم امتحان [۲] می‌پردازد که این روند با یک امتحان نهایی (به بخش پنجم مراجعه فرمایید) به پایان می‌رسد. هر دو روش کار گروهی و انفرادی در سراسر دوره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳. برنامه مقدماتی

برای تمرین و آزمایش در سال اول از یک قاب نمونه رومیزی استفاده می‌شود که عبارت از چهار ستون با اتصال مفصلی است که یک صفحه عرشه شکل تخت افقی را تحمل می‌کند. در عمل، اتصالات مفصلی به‌صورت اتصالات قابل تنظیم بر روی پایه‌های آچارخور هستند که می‌توان آنها را در حالت‌های مختلف متصل کرد. صفحه پایه و صفحه سقف ساخته شده از تخته سه‌لایی به ضخامت ۲۰ میلی‌متر هستند و در روی لبه‌ها دارای قلاب‌هایی می‌باشند تا بتوان مهاربندی را به آنها متصل کرد (به شکل ۱ مراجعه کنید).

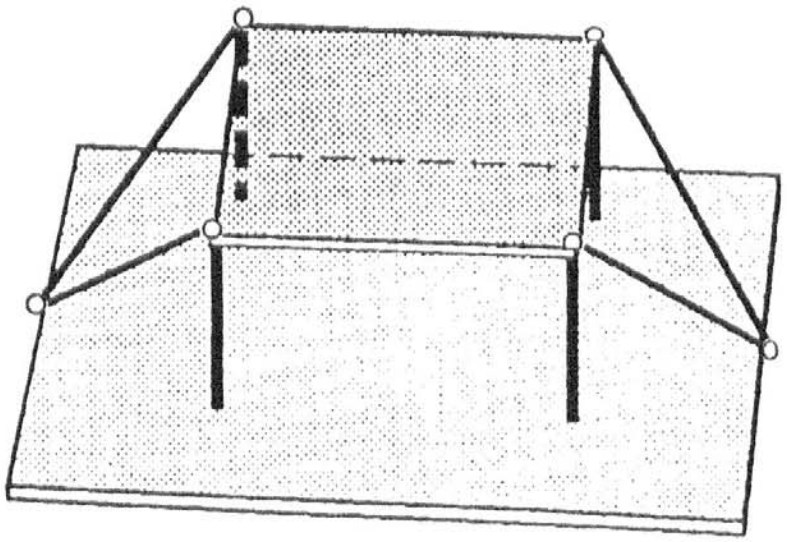
۱.۳. تمرین‌هایی که می‌توان با این وسیله انجام داد

۱.۱.۳. از یک گروه کوچک دانشجویان خواسته می‌شود که به‌وسیله کابل این سیستم را در مقابل واژگونی مهار کنند، به‌خصوص در مقابل نیروهای خارج از مرکز افقی که در سطح سقف اعمال می‌شوند.



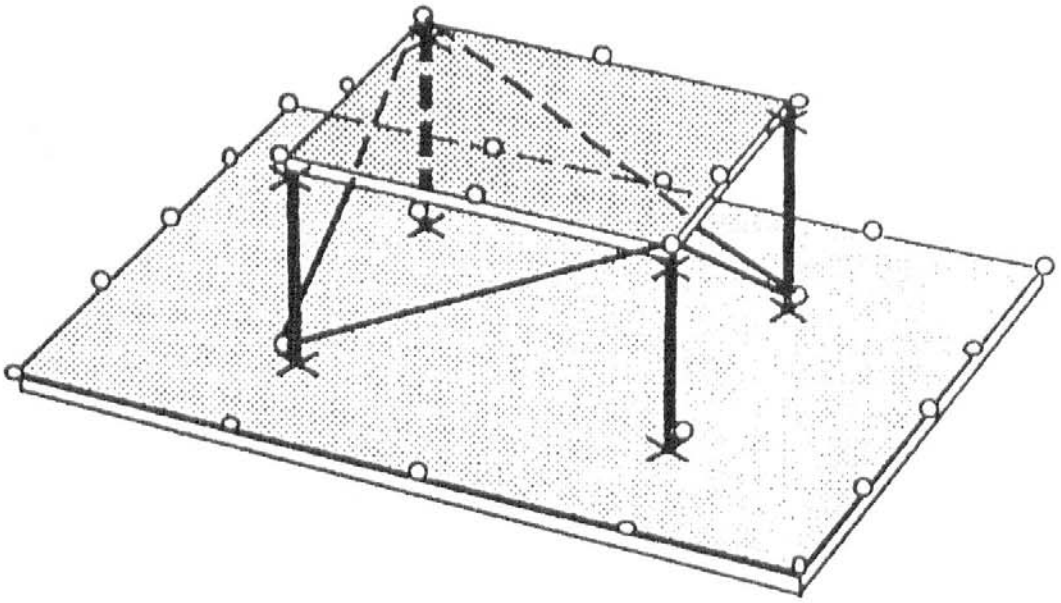
شکل ۱. مدل رومیزی آماده برای مهاربندی کابلی به منظور ایجاد پایداری

۲.۱.۳. مهاربندی را با حداقل کابل مصرفی انجام دهید (شکل ۲).



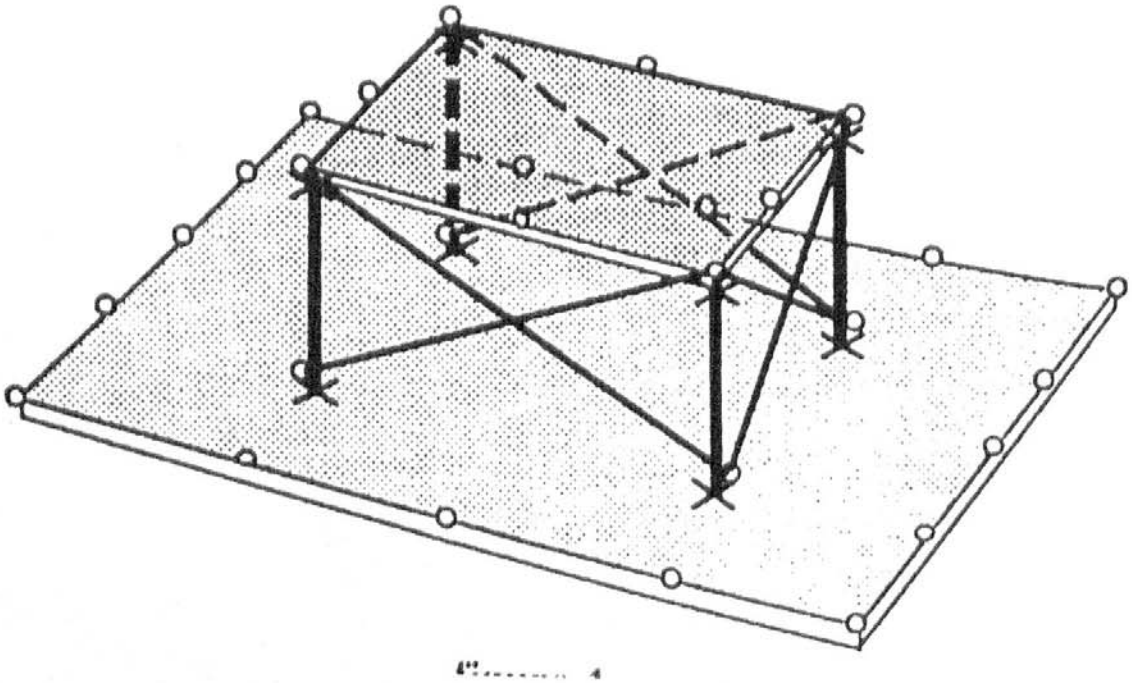
شکل ۲. مهاربندی مؤثر با حداقل طول کابل

۳.۱.۳. با توجه به این مطلب که در مهاربندی فقط در چهار صفحه وجه‌های قائم قاب صورت گیرد، با استفاده از کابل سازه را پایدار کنید (شکل ۳).



شکل ۳. مهاربندی محدود به دیوارهای برشی

۴.۱.۳. آخرین محدودیت، استفاده از کابل‌ها فقط به‌صورت ضربدری است، به این دلیل که دانشجویان دریابند حداقل سه دیوار برشی با مهاربندی ضربدری برای پایداری کلی ضروری است (شکل ۴).



شکل ۴. سه دیوار برشی که به‌صورت ضربدری مهاربندی شده‌اند

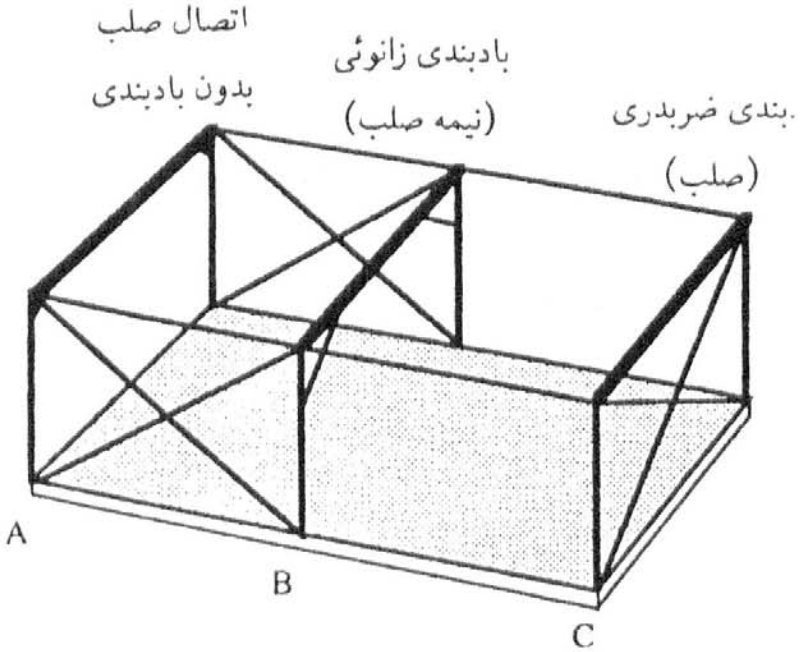
۵.۱.۳. ارائه روش دیگر

یک نحوه دیگر انجام‌دادن این تمرین می‌تواند به این صورت باشد که ابتدا چهار دیوار برشی قاب را به صورت ضربدری مهار کرد و سپس از دانشجویان خواست تا قبل از قطع کردن هر یک از کابل‌های مهار در باره حداقل تعداد دیوارهای برشی لازم برای پایداری بحث کنند. با بریدن مهارهای اضافی بلافاصله پاسخ صحیح و عملی بحث روشن می‌شود.

۲.۳. توصیه‌هایی برای سال اول دوره

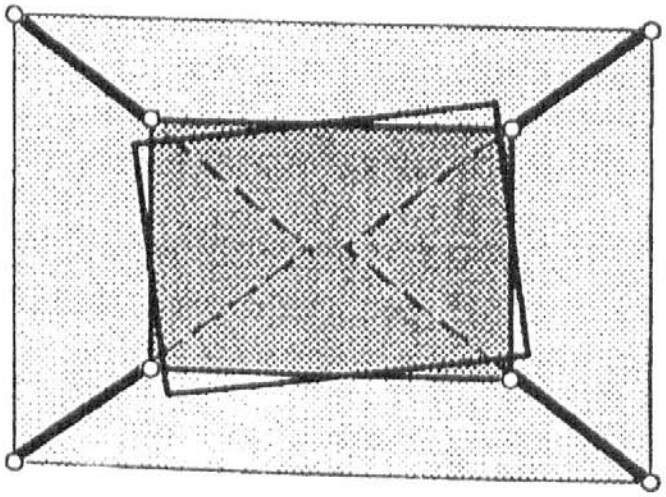
دانشجویان قبل از عملی کردن اندیشه خود در باره آن به بحث بپردازند که همین فضای ایجاد شده برای بحث و آزمایش از ارزش بالایی در تبلور روحیه پرسشگری و کنجکاوی دانشجو برخوردار است. به‌طور معمول، این بخش‌ها به سمت بحث در مورد سازه‌های چنددهانه و چندطبقه ادامه پیدا می‌کند.

ارزش انواع دیگر مهارها از قبیل مهاربندی زانویی و اتصالات صلب توسط یک سازه نمونه دیگر (شکل ۵) مورد بررسی قرار می‌گیرد که این نمونه به‌خوبی سختی‌های حاصل از انتخاب جدید مهاربندی را نمایان و قابل فهم می‌سازد.



شکل ۵. مدلی با سه قاب پرتابل با سختی مختلف در هر صفحه

این آزمایش‌ها گاهی نتایج تعجب‌آوری دربر دارند. ساخت سازه مدل‌شده خود باعث درک مسائل اجرا و ساخت و همچنین درک چگونگی برطرف‌ساختن عدم انطباق کامل سازه می‌شود و گاهی هم نقش پیش‌تنیدگی در صلبیت سازه را آشکار می‌کند.



شکل ۶. پلان شکل ۱ با مهار گوشه که نشان‌دهندهٔ ساختار بد مهاربندی است

پاسخ پیچشی سازه‌های غیرمتقارن در اثر بارگذاری متقارن یا برعکس، به روشنی روی مدل مشخص می‌شود. اندازه رومیزی مدل باعث انجام‌شدن آزمایش‌ها با هزینه کم، اما شرایط ایمنی مشابه با سازه اصلی می‌شود.

فعالیت دانشجو و همکاری او با دیگران جزو ساختار این برنامه در دوره آموزشی مربوط است و باعث ایجاد انگیزه در دستیابی دانشجو به یک درک عمیق می‌شود [۳]. این دستاوردها از مشخصه‌های اصلی برنامه مقدماتی دوره محسوب می‌شوند.

۴. برنامه میان‌دوره

سال دوم دوره، طراحی بر روی اعضای فولادی و بتن مسلح متمرکز می‌شود و با طراحی یک سازه کامل که در آن تدابیر پایداری سازه اجباری است، به‌پایان می‌رسد. از روبه‌رویی دانشجو با نمونه‌ای که به‌صورت ناقص مهاربندی کرده است می‌توان در بالابردن درک او نسبت به یک طراحی سالم استفاده کرد.

۵. برنامه سال آخر دوره

در سال آخر دوره، قابلیت نوشتن شرح چگونگی پایداری سازه‌ها پرورش می‌یابد که این کار هم در چارچوب سؤالهای قسمت سوم امتحان [۴] انجام می‌شود. برای مثال، قاب‌بندی، انتقال بار و جزئیات پایداری را به‌صورت واضح شرح دهید.

۱.۱.۵. شرح مراحل

یک انبار یک طبقه با قاب فلزی در نزدیکی دانشگاه به‌عنوان نمونه به دانشجویان معرفی می‌شود و آنان تشویق می‌شوند تا آنچه را در مورد پایداری می‌بینند با شرحی که در موردش به آنان داده شده است، مقایسه کنند.

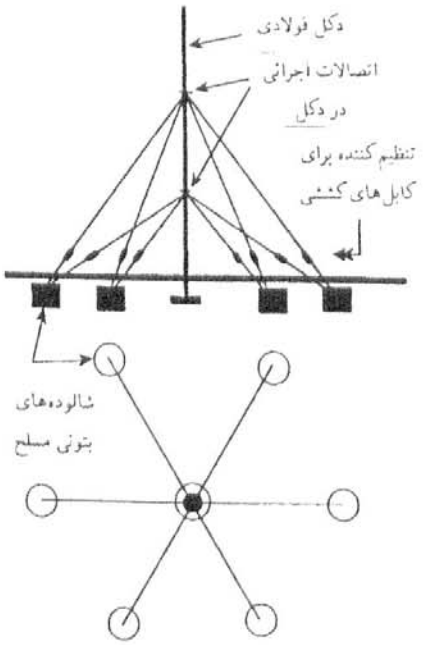
نمونه ارائه شده به دانشجویان (شرح چگونگی پایداری) دارای یک مقدمه کلی است و در ادامه به توضیح مسیر بار و رده‌بندی اعضا برای بارهای عمودی و همچنین مسیر بار و رده‌بندی اعضا برای بارهای افقی در هر یک از جهات اصلی می‌پردازد، در دنباله شرح مسیر بار، توجه دانشجو به طبیعت اندرکنش اعضای سازه و رفتار چندگانه آنها جلب می‌شود. همچنین، این نمونه شامل بخش‌های پایانی در مورد ایمنی عمومی، درزهای انبساط و حساسیت‌های ویژه سازه است.

۲.۱.۵. مثال دوم در مورد شرح چگونگی پایداری سازه‌ای است و این بار این شرح در مورد یک دکل مهار شده (شکل ۷) به دانشجویان ارائه می‌شود و به‌صورت متنی است که لغت‌های آن هر چهارتا یکی حذف شده است. در شکل ۸ یک پاراگراف نمونه ارائه شده است. به منظور تفهیم این مطلب که شرح چگونگی پایداری سازه‌ای به‌طور حتم نباید در چارچوب خاصی نوشته شود، این نمونه با عناوین قسمت (۱.۱.۵) شروع نمی‌شود، اما در عوض سازه به‌صورت عضو به عضو، شرح عملکرد سازه تحت همه بارگذاری‌ها و اندرکنش آن با اعضای دیگر در این مورد خاص هدف اصلی هستند.

دانشجویان در گروه‌های کوچک دسته‌بندی می‌شوند و به پیشنهاد لغات مناسب برای پرکردن جای خالی متن می‌پردازند. فایده این تمرین، تشویق دانشجو به استفاده از یک زمان اقتصادی (کوتاه و مفید) در شرح یک مورد حرفه‌ای کامل است.

در درجه دوم اهمیت، این تمرین می‌تواند به عنوان گامی در پیشرفت زبان انگلیسی دانشجویان

ضعیف باشد. شکل شماره ۹ کلید تمرین شکل شماره ۸ است.



شکل ۷. دکل با مهاربندی

Points of sensitivity

---------- turbnuckles are sensitive ---------- vandalism if they ---------- at ground level -------- unprotected. The fixings -------- cables and posts -------- not amenable to -------- from ground level. -------- security of the -------- adjacent to the -------- foundations is sensitive -------- someone digging a -------- in that area. -------- loading on the -------- can be eccentric -------- impose additional local -------- on it.

Differential -------- between supports will ---------- the balance of -------- loads in this -------- structure. If any -------- outer foundation or ---------- one cable or ---------- fixing should fail, -------- is sufficient redundancy -------- alternative load paths -------- be employed at -------- in the short term; -------- , there are no -------- load paths if -------- post itself breaks -------- buckles. The slender -------- of the structure -------- it sensitive to --------.

شکل ۸. یک پاراگراف نمونه از شرح چگونگی پایداری سازه‌ای
که از هر چهار کلمه آن یکی حذف شده است

روشن است که در بعضی موارد کلمات موردنظر در متن اهمیت چندانی ندارند، اما در عمل این امر باعث ایجاد انگیزه‌ای فوق‌العاده در کسانی می‌شود که این تمرین برای آنها یک امر تازه و مشکل است.

۳.۱.۵. در مرحله بعد، به دانشجویان دو هفته مهلت داده می‌شود تا یک سازه موجود در اطراف - سازه‌ای را که چگونگی مقاومتش در برابر ناپایداری، پایداری کلی را درک کرده باشند - پیدا کنند. سپس آنها اولین پیش‌نویس خود را تهیه می‌کنند.

Points of sensitivity

The turnbuckles are sensitive to vandalism if they are at ground level and unprotected. The fixings between cables and posts are not amenable to inspection from ground level. The security of the ground adjacent to the outer foundations is sensitive to someone digging a trench in that area. Ice loading on the mast can be eccentric and impose additional local bending on it.

Differential settlement between supports will alter the balance of foundation loads in this redundant structure. If any one outer foundation or any one cable or its fixing should fail, there is sufficient redundancy for alternative load paths to be employed at least in the short term; however, there are no alternative load paths if the post itself breaks or buckles. The slender nature of the structure makes it sensitive to vibration.

شکل ۹. حل مثال شکل ۸

۴.۱.۵. این روند با ترتیب دادن یک کارگروهی خاص دنبال می‌شود. به این ترتیب که دانشجویان با هم شرح‌های نوشته شده را به همراه یک برگ سفید روی میز می‌گذارند و هر پنج دقیقه دور هم

جمع می‌شوند و نظرهای نوشته شده خود در باره کار دیگر دانشجویان را به بحث می‌گذارند.

۵.۱.۵. مربی این بخش را با یک توضیح کوتاه در باره نتایج مهم روشن شده از بحث به پایان می‌برد.

۶.۱.۵. دانشجویان شرح‌های خود را با توجه به نظرها و پیشنهادهای مطرح شده بازنویسی می‌کنند. البته، در صورت لزوم امکان بازنگری و به کارگیری اصلاحات برای تکمیل کار در اختیار دانشجو گذاشته می‌شود.

۷.۱.۵. مرحله آخر عبارت از پاسخ قسمت (a) از دو سؤال مرحله سوم امتحان Istruc+E [۴]، به‌طور ترجیحی با دوازده هفته وقت و امکانات کافی تا هفت ساعت وقت و امکانات محدود است. قسمت عملی (a) سؤالات شامل یک خلاصه طراحی به‌صورت دو حل مجزا و مربوط به سازه است.

۲.۵. بررسی برنامه آخر دوره

همچنان که از مبتدی‌ها انتظار می‌رفت، مشکلاتی در مورد شرح‌های نوشته شده وجود داشت، مانند خیلی مفصل یا خیلی خلاصه بودن، عدم ذکر جزئیات ضروری و غیره، اما در اکثر موارد شواهد نشان می‌دهند که آگاهی دانشجویان و همچنین نوشتن و توضیح آنان پیشرفت کرده است. "اولین باری که با دقت به یک سازه نگاه کردم" جمله‌ای بود که یکی از دانشجویان به تازگی نوشت.

سؤال‌های امتحانی که به‌عنوان کار کلاسی مطرح می‌شود، فراگیری شرح چگونگی پایداری سازه‌ای را استحکام می‌بخشد و دوره با یک امتحان پایان می‌پذیرد که در آن شرح چگونگی پایداری سازه‌ای یک سؤال ضروری است.

بخش ششم این مقاله شامل یک امتحان و پاسخ نمونه از این دست می‌باشد.

کتاب چاپ اخیر [۵] شرکت دانشجویان در مراحل تصحیح و ارزش‌گذاری کار خود را به منظور افزایش قابلیت آنها برای بررسی و داوری در باره عملکرد خوب تشویق کرده است، روندی هم که در بالا به شرح آن پرداختیم، به گونه‌ای طرح شده است که دستاوردهای مشابهی داشته باشد.

۶. نمونه سؤال‌ها و پاسخ‌های امتحان سال آخر مهندسی عمران (کارشناسی)

۱.۶. سؤال اجباری

شکل ۱۰ یک سرپناه (گاراژ) جلوباز را برای توقف خودروها در یک مزرعه نمایش می‌دهد. پلان آن نشان‌دهنده شش ستون نگهدارنده است که چهارتای آنها روی محور A و دوتای آنها روی محور D هستند. مقداری از جزئیات برای وضوح بیشتر حذف شده‌اند. برای مثال، پوششی که در پشت و کنار دیده می‌شود، در روی سقف و بام هم وجود دارد که نشان داده نشده است. پوشش روی قاب توسط چهار ریل در روی دیوار پشتی و پنج لایه (پرلین) روی بام محکم شده است که در مقاطع دیده می‌شوند و (البته در مقاطعی که پوشش آنها کشیده نشده) دال کف از قاب مجزا است. در شکل خرپای روی محور E روی محورهای B، D و C تکرار نشده است. شرح چگونگی پایداری سازه‌ای را در این مورد (سازه گاراژ) بنویسید.

۲.۶. حل نمونه

۱.۲.۶. شرح عمومی

سازه به صورت یک قاب مهاربندی شده در جهت شرقی - غربی و یک قاب آزاد مهاربندی نشده در جهت شمال - جنوب می‌باشد. فرض شده است که پوشش آن در رفتار سازه تأثیری ندارد، اگرچه در حالت کلی بر روی سختی سازه تأثیر می‌گذارد. از آنجایی که هیچ درز انبساطی وجود ندارد، اثر تغییر حرارت (دما) به‌صورت محلی (درجا) خنثی نشده است.

۲.۲.۶. بارهای قائم

بارهای قائم حاصل از بار خود سازه و بارهای اعمالی مثل برف توسط پوشش ورقه‌ای سقف در اثر خمش به لایه‌ها منتقل می‌شود. لایه‌ها تحت خمش است و گسترش آنها بین دو خرپای مثلث‌بندی شده بام و روی محورهای ۱ تا ۴ می‌باشد.

روی محور E یک خرپای مثلث‌بندی شده با سه دهانه یکسره، طول ساختمان را پوشانده است که بار را از خرپای محور ۲ و ۳ می‌گیرد و طی خاصیت خرپایی خود آن را به انتهای طره‌اش روی خرپاهای محورهای ۱ و ۴ منتقل می‌کند. این خرپاهای انتهایی خود توسط ستون‌هایی روی محور A و D حمایت می‌شوند. خرپاهای پیشانی سازه نیز به‌صورت عمودی انتهای خرپاهای

سقف را روی محورهای ۱ تا ۴ حمایت می‌کند. به‌صورت مشابه خرپاهای سقف در جهت شمال - جنوب قرار دارند و در جهت پایداری خرپاهای پیشانی و پشتی در جهت شرقی - غربی از طریق نقاط میانی عمل می‌کنند.

در پشت ساختمان تمام خرپاها توسط ستون‌های محور A حمایت می‌شوند. مهاربندی ضربدری در صفحه قائم دهانه A-۲-۳ مانع حرکت جانبی کل قاب در جهت شرقی - غربی می‌شود. خرپای سقف روی محور A خود در جهت جلوگیری از کمانش خارج از صفحه خرپاهای سقف عمل می‌کند. ستون‌ها بار را طی عمل تیر - ستونی به شالوده منتقل می‌کنند.

طبیعت مهاربندی سقف به گونه‌ای است که تکیه گاه جانبی مناسبی برای خرپاهای سقف در امتداد محور A، B، D و E ایجاد می‌کند. لاپه روی محور C نیروی محوری حاصل از تمایل به کمانش خرپای سقف را انتقال می‌دهد، اما فقط توسط ساختار مقاومت جانبی خرپاها مهار شده است.

۳.۲.۶. نیروهای افقی

بارهای افقی حاصل از باد در جهت شرقی - غربی از طریق پوشش دیوار به ریل‌ها منتقل می‌شود که ریل‌ها هم طی رفتار تیرگونه خود آن را به ستون‌ها منتقل می‌کنند و سپس ستون‌ها به‌طور عمده به‌صورت تیرهای عمودی رفتار خواهند کرد. اثر نیروهای محوری (رفتار ستونی) بر روی ستون‌ها به‌طور عمده از طریق بارگذاری قائم و رفتار جسم صلب سازه در مقابل واژگونی مطرح می‌شود.

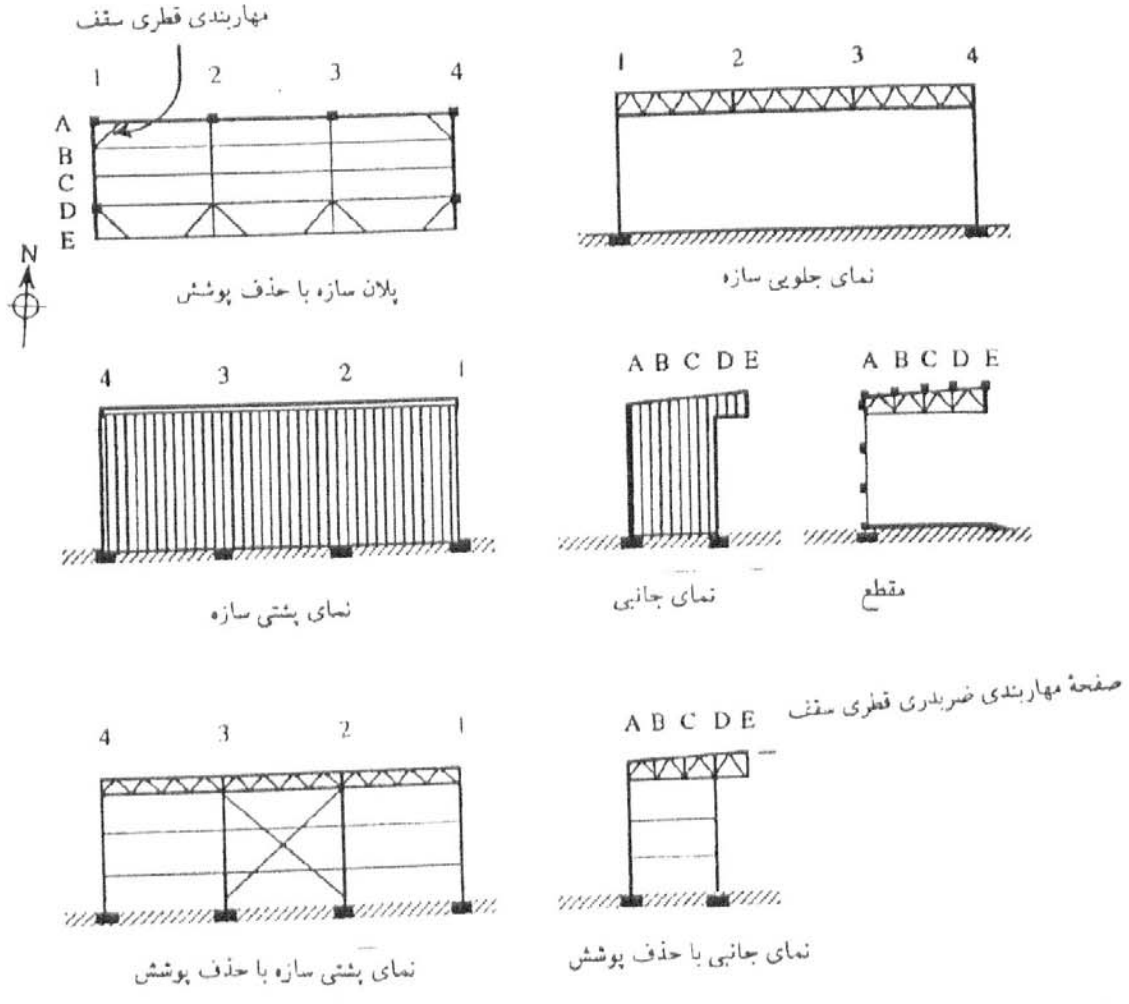
روی محور A ستون‌ها در موقعیت خود از طریق هر دو سر انتها حمایت می‌شوند و همچنین در جهات مختلف در نوک ستون‌ها مهار شده‌اند. روی محور D ستون‌ها در جهت شرقی - غربی مهار ندارند و حرکت می‌کند، البته تا جایی که سقف نیمه مهار شده اجازه دهد. جابه‌جایی در اینجا به شکل‌پذیری خرپاهای بام بستگی دارد.

بار باد در جهت شمال - جنوب توسط اتصالات صلب خرپا به ستون روی محور A اعمال می‌شود. مهاربندی قطری بام هم در خنثی کردن اثر تقسیم نامساوی بار بین قاب‌ها - البته تا اندازه‌ای که شکل‌پذیری جانبی سقف در محل اتصال با مهاربندی قطری بام اجازه می‌دهد - کمک می‌کند. بار باد بر روی تمام سطح‌های خارجی قاب به‌صورت فشار مثبت یا منفی اثر

می‌کند، اما رفتار سازه در هر دو صورت همان است که شرح داده شد.

به علت طبیعت دورباز بودن این ساختمان، امکان واژگونی آن را فقط می‌توان از طریق تأمین جرم مناسب به‌خصوص در شالوده روی محور D از بین برد.

اگر شالوده به‌خوبی درون توده خاک مدفون باشد، لغزش نمی‌تواند مسئله مهمی را به‌وجود بیاورد.



شکل ۱۰. نمودار همراه سؤال امتحانی

۴.۲.۶. به‌عنوان یک گاراژ احتمال زیادی برای آسیب دیدن سازه از طریق برخورد خودروها با آن وجود دارد. اگر یک ستون داخلی (محور ۲-۳) ساقط شود، آن‌گاه خرپای یکسره در قسمت پشتی گاراژ می‌تواند به‌عنوان کمک وظیفه انتقال بار را بر عهده گیرد. اگر هر یک از ستون‌های گوشه‌ای A۱ یا A۴ ساقط شوند، آن‌گاه خرپای لبه پشتی می‌باید بر روی یک دهنه نسبتاً بزرگ به‌صورت طره‌ای عمل کند، برداشتن هر یک از دو ستون پیشانی روی محور D به احتمال زیاد باعث خرابی

آن گوشه از گاراژ می‌شود، زیرا در آنجا هیچ نشانه‌ای به‌صورت روشن از عضو ثانوی برای انتقال بار وجود ندارد و فقط ادامه اعضای درجه دومی مثل لاپه‌ها و مقاومت ذخیره آنها موجود است.

خرپای پیشانی بام نیز هنگام ورود خودرو در خطر برخورد و خرابی قرار دارد و اگر چنین شود، فقط ادامه لاپه‌های بام یا کمک پوشش بام که از آن صرف‌نظر کردیم، می‌باید از تخریب بام جلوگیری کنند یا آن را به تعویق بیندازند.

۵.۲.۶. پیشنهادها

برای سازه بهتر بود که مثلث‌بندی مهار بام کامل می‌شد. حساسیت به تخریب ستون‌های گوشه با محافظت مستقیم و تغییر سطح حرکت خودروها به حداقل می‌رسید. همچنین، به‌علت تعیین‌نشدن کاربری سازه در ابتدا امکان آتش‌سوزی هم وجود دارد.

۷. نتایج

۱.۷. نتایج این برنامه عباراند از:

۱. استفاده از یک مدل عملی و بحث‌های مشخص در جهت فراگیری عمیق؛

۲. پی‌گرفتن روند پیشرو به‌منظور حصول یک سرفصل به‌صورت بازنگری مورد پایداری کلی در هر سال تحصیلی و هر سال کامل‌تر از سال قبل؛

۳. مهیا کردن مقدمات شرح چگونگی پایداری سازه‌ای و تبدیل آن از سطح عالی و پیشرفته به سطح قابل درک در دوره کارشناسی؛

۴. استفاده از بحث‌های عمیق گروهی و بازنگری‌هایی به‌منظور ایجاد علاقه و نمایان کردن موارد مهم بحث.

۲.۷. اینکه موارد بالا نوآوری محسوب می‌شود یا نه، به دیدگاه خواننده بستگی دارد. در دانشگاه برایتون هیچ یک از این موارد در قبل انجام نمی‌شد و حالا همه آنها به‌صورت یک قسمت اساسی از تجربه دوره کارشناسی محسوب می‌شوند. البته، هنوز هم از موارد دیگری مانند تمرین‌های آموزشی و ارزش‌گذاری که به صورت مشترک بین رشته‌های غیرمهندسی مثل هنر و طراحی به کار می‌روند، می‌توان سود جست. برای مثال، شرح پایداری سازه‌ای به کمک مجموعه‌ای از شواهد که

یک دانشجو می‌باید آن را جمع‌آوری و مرتب کند، به‌عنوان یک قسمت اصلی در پیشرفت حرفه‌ای خود ارزش‌گذاری برای بهبود درک دانشجو و نمایان شدن نکات اساسی محسوب می‌شود [۵].

۳.۷. این برنامه به‌منظور تأمین اهداف زیر به منظور رشد شناسه‌های با ارزش مهندسان تحصیلکرده تلاش می‌کند که عبارت‌اند از: کارگروهی و شراکت، بر عهده گرفتن مسئولیت برای فراگیری و خودپیشبری، شاهد و ثبت ویژگی سازه‌ها.

مراجع

1. A. Kaveh, Structural Mechanics: Graph and Matrix Methods, RSP (John Wiley), 2nd edition, UK., 1995.
2. P. Palmer, Teaching and Learning a qualitative understanding of overall stability, in Innovation in Civil and Construction Engineering edit. BHV Topping, Civil-Comp Press, pp. 329-334, 1997.
3. B. Jackson, Assessment practices in art and design: a contribution to student learning?, in "Improving student learning-through assessment and evaluation", Ed. Graham Gibbs, The Oxford Center for Staff Development, 1995.
4. Membership Examination, Part 3., The Institution of Structural Engineers, London, 1996.
5. S. Brown, C. Rust and G. Gibbs, Strategies for Diversifying Assessment in Higher Education, The Oxford Center for Staff Development, 1994.
6. D. Boud, Enhancing Learning Through Self-Assessment, pp. 189-199, Kogan Page, 1995.

(تاریخ دریافت مقاله: ۷۹/۱۱/۲۹)