عمران در تخصص ماست

به نام خدا

در دو روز اخیر، اظهار نظرهای متفاوتی از جانب اساتید و همکاران گرامی در نقد سؤالات کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران سال ۹۲ انجام شده و دانشجویان عزیز نیز ضمن تماس‌های مکرر با مؤسسهٔ سری عمران، خواهان دانستن نظرات اساتید این مؤسسه در رابطه با این آزمون می‌باشند. با توجه به این امر، اشاره به چند موضوع زیر را ضروری می‌دانیم:

۱- پیش از هرگونه اظهارنظری، ابتدا تلاش شما دانشجویان و دوستان عزیز را ارج نهاده و از صمیم قلب به شما دوست عزیز، خسته نباشید عرض می‌کنیم که برای رشد و تعالی خود در زندگی، نزدیک به یک سال زحمت کشیدید.

۲- نظر اکثر دانشجویان عزیز بر این است که کنکور سال ۹۲ کنکور نسبتاً سختی (در بعضی از درس‌ها واقعاً مشکل) بوده است. ما نیز با شما هم عقیده هستیم که کنکور امسال نسبتاً دشوار بوده اما زمانی که آزمون سخت باشد، به طور کلی میانگین کلیهٔ داوطلبان به طور محسوسی کاهش می‌یابد. به طور مثال در کنکور سال ۹۰ که کنکور متوسطی بوده با میانگین حدود ۳۰ درصد داوطلبان رتبهٔ زیر ۶۰۰ کسب کرده‌اند در حالیکه در آزمون سال ۹۱ که کنکور سختی بوده است با میانگین حدود ۳۰ درصد داوطلبان رتبهٔ زیر ۲۰۰ کسب کرده‌اند.

۳- بسیاری از دانشجویان که هدف آنها شرکت در کنکور سال آینده می‌باشد، احتمالاً تحت تأثیر صحبت‌های دوستان و اساتید قرار گرفته و بر این باور خواهند بود که سؤالات کنکور امسال سؤالاتی نسبتاً سخت بوده که هیچ نمونهٔ مشابهی در کتاب‌های کنکور و یا جزوات اساتید نداشته است و کمی ترس و دلهره در خود احساس می‌کنند. برای این که به شما و داوطلبان سال آینده دلگرمی داده باشیم، تلاش کردیم که با تلاش همه جانبهٔ اساتید مؤسسه سری عمران، پاسخ تشریحی کنکور را در کمتر از ۴۸ ساعت پس از دریافت سؤالات آزمون بر روی سایت خود قرار دهیم و ضمناً به همهٔ مهندسان عمران اطمینان دهیم که با مطالعهٔ کتاب‌های سری عمران می‌توانستید به اکثر سؤالات پاسخ دهید زیرا این سؤالات قبلاً در کتاب‌های سری عمران عیناً و یا با مشابهت بسیار زیادی آمده است!!! این موضوع را می‌توانید در پاسخ‌های تشریحی مشاهده کنید.

۴- بیان سختی هر درس، سلیقه‌ای بوده و از نظر افراد مختلف متفاوت است ولی با توجه به اصرار فراوان دانشجویان، با کمک اساتید مؤسسه، سؤالات کنکور امسال را با توجه به سطح آن، درصدبندی کردیم. قابل ذکر است که درصدهای در نظر گرفته شده در هر درس با توجه به میزان سختی و درصد پاسخگویی داوطلبانی که مجاز به انتخاب رشته خواهند شد، لحاظ شده است و می‌توان مطابق زیر آن را دسته‌بندی کرد:

۱۰٪ – ۰٪ : سؤال بسیار سخت است.

۴۰٪ – ۱۰٪ : سطح سؤال دشوار است و دانشجویانی که آمادگی کاملی داشتند، می‌توانستند به این سؤالات پاسخ دهند.

۷۰٪ – ۴۰٪: سؤال متوسط است و یا ایده مطرح شده در آن مشابه کنکور سال‌های گذشته می‌باشد.

۱۰۰٪ – ۷۰٪: سؤال بسیار راحت است و یا عیناً مشابه کنکور سال‌های گذشته می‌باشد.

درس زبان

پاسخ‌گویان: زهرا آهنگر، محمد اصفهانی

سؤالات زبان عمومی نسبت به سؤالات سال‌های گذشته سخت‌تر طرح شده بود و می‌توان گفت آزمون فوق یکی از سخت‌ترین آزمون‌های مطرح شده در چند سال اخیر است. اما همان‌طور که در کتاب زبان عمومی نیز بیان شد با وجود سختی آزمون، باز هم تعداد ۶ سؤال را می‌توانستید با بررسی لغات کنکورهای سال‌های گذشته پاسخ دهید. در قسمت گرامر ۳ سؤال از مبحث ضمایر موصولی و ۲ سؤال از بحث صفت و قید مطرح شده بود که با آشنایی با ایده‌های سؤالات کنکورهای گذشته و تکنیک‌های پاسخگویی به تست‌های گرامر و حذف گزینه که در کتاب زبان‌عمومی به طور کامل بررسی شد، می‌توانستید به این سؤالات پاسخ دهید.

متن زبان تخصصی در کنکور امسال مشابه سال گذشته استاندارد مطرح شده، که این امر نشان دهنده درک طراح از شرایط دانشجویان در جلسه کنکور دارد. ۵ سؤال انتهایی این درس (سؤالات دانش عمومی) نسبت به سال گذشته آسان‌تر مطرح شده بود. در یک ارزیابی کلی پاسخ به ۵ -۶ تست از درس زبان عمومی و ۸ - ۱۰ تست در درس زبان تخصصی، عملکرد مناسبی برای دانشجویان محسوب می‌شود.

درس ریاضی

پاسخ‌گویان: مسعود مهدیان، مجید فرقانی

سؤالات ریاضی در رشتهٔ عمران از سال ۹۰ به بعد تغییر الگوی محسوسی داشته است.

طرح سؤالات ریاضی آزمون سال ۹۲ بسیار غیر استاندارد به نظر می‌رسد. بیشتر سؤالات امسال از روی کتاب‌های مرجع طرح شده است که برای امتحانات تشریحی دانشگاهی مناسب بوده و این امر نشان‌دهندهٔ آن است که طراح توجه چندانی به زمان محدود کنکور نداشته است.

با این اوصاف، حل ۵ تست از ۱۵ تست ریاضی در کنکور ۹۲ عملکرد قابل قبولی است.

درس مکانیک جامدات

پاسخ‌گویان: نادر فنائی، محمد آهنگر، حسین صباغیان

در درس مقاومت مصالح، سؤالات استاندارد و مناسبی طرح شده بود که همان‌گونه که در پاسخ‌های تشریحی آورده شده است، با مطالعهٔ کتاب سری عمران به طور کامل می‌توانستید به سؤالات آن پاسخ دهید. طراح در این درس توزیع نسبتاً مناسبی از سؤالات فصل‌های مختلف مقاومت انجام داده است. طراح این درس را می‌توان یک استاد منطقی و آگاه از شرایط شرکت‌کنندگان در کنکور دانست.

در درس تحلیل سازه‌ها سؤالات دشوار بوده و از نقاط ابهام این درس، طرح نشدن سؤال از مباحث درجهٔ نامعینی و پایداری و ناپایداری و همچنین فرمول‌های حفظی و حل خرپاها می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که طراح محترم بسیار به حل سازه‌های نامعین علاقه‌مند می‌باشد که جای بسی تعجب است. ضمناً با توجه به اینکه مبحث شیب افت جزو مباحث تحلیل‌سازهٔ (۲) می‌باشد نبایستی در کنکور سراسری از آن سؤال مطرح می‌شد و در ۵ سال گذشته نیز سؤالی از آن مطرح نشده بود ولی متأسفانه طراح امسال یک سؤال از آن مطرح کرده است.

به نظر می‌رسد دانشجویانی که بین ۸ تا ۱۰ سؤال را پاسخ داده‌اند، عملکرد خوبی را در این درس داشته‌اند.

مکانیک خاک و مهندسی پی

پاسخ‌گویان: ساسان امیرافشاری، حسین فراهانی، مهدی اژدرنژاد

آزمون امسال (۹۲) در درس مکانیک خاک و پی‌سازی نسبت به آزمون‌های سه سال اخیر به مراتب ساده‌تر و استانداردتر بوده است. طرح سؤالات جدید و استاندارد از مفاهیم پایه و اصلی، از ویژگی‌های بارز این درس در آزمون بوده است. در یک ارزیابی کلی می‌توان درس مکانیک خاک را شامل سؤالات ساده و متوسط دانست. درس پی‌سازی نیز شامل سؤالات متوسط و همچنین چند سؤال مفهومی (شاید هم سخت) بوده است که البته در کل از سال گذشته ساده‌تر بوده‌اند.

به نظر می‌رسد دانشجویانی که بین ۱۰ تا ۱۲ سؤال را پاسخ داده‌اند، عملکرد بسیار خوبی را در این درس داشته‌اند. لازم به ذکر است که با مطالعهٔ کتاب‌های مکانیک خاک و مهندسی پی سری عمران، دانشجویان قادر به پاسخگویی به ۸۵ درصد سؤالات بودند ولی اینکه آیا در شرایط جلسه کنکور و با وقت مشخص، چنین امکانی وجود دارد یا نه، خود جای سؤال دارد و پاسخ صحیح به این سؤال، میزان استاندارد بودن آزمون را نشان می‌دهد.

مکانیک سیالات و هیدرولیک

پاسخ‌گویان: ساسان امیرافشاری، حسین فراهانی

سؤالات درس مکانیک سیالات نسبت به آزمون سال‌های گذشته نسبتاً ساده‌تر شده‌اند، به طوریکه شاهد سؤالاتی بودیم که مشابه آنها قبلاً نیز در کنکور مطرح شده بود. البته امسال نیز مانند سال گذشته، شاهد طرح ۴-۳ سؤال جدید و مشکل بودیم.

ولی در درس هیدرولیک سطح سؤالات نسبت به آزمون سال گذشته نسبتاً پایین‌تر بوده به طوریکه به سادگی می‌توان به اکثر سؤالات آن پاسخ صحیح داد.

به طور کلی به نظر می‌رسد اگر دانشجویان در مجموع به ۱۰ تا ۱۲ سؤال از این دو درس پاسخ صحیح داده باشند، عملکرد مناسبی در آزمون داشته‌اند.

لازم به ذکر است با مطالعهٔ دقیق کتاب‌های سیالات و هیدرولیک سری عمران، امکان پاسخ‌گویی به ۹ سؤال از ۱۲ سؤال مکانیک سیالات و ۸ سؤال از ۸ سؤال هیدرولیک، وجود داشت.

سازه‌های فولادی و بتنی

پاسخ‌گویان: نادر فنائی، محمد آهنگر، حسین صباغیان

درس فولاد در کنکور امسال بسیار استاندارد و مناسب طرح شده بود و با مطالعهٔ کتاب سری عمران، به طور کامل می‌توانستید به این سؤالات پاسخ دهید. طرح سؤال در این درس کار دشواری بوده و طراح در این درس، عملکرد بسیار خوبی داشته است. متأسفانه درس بتن در کنکور امسال، در تعدادی از تست‌ها سلیقه‌ای و غیراستاندارد طرح شده بود. از طرفی طراح بودجه‌بندی فصل‌ها را رعایت نکرده بود. در مجموع حل کردن ۷ سؤال از ۱۶ سؤال عملکرد نسبتاً خوب و حل کردن ۱۰ سؤال از ۱۶ سؤال عملکرد بسیار خوبی در درس فولاد و بتن محسوب می‌شود.

راهسازی و روسازی

پاسخ‌گویان: مسعود مهدیان، مسعود دانایی

در درس راهسازی سؤالات استاندارد و متناسب با شرایط کنکور طرح شده بود و با تکیه بر کتاب راهسازی سری عمران انتظار حل ۹۰٪ سؤالات، انتظار بی‌راهی نبود.

در درس روسازی مشابه سال گذشته، سؤالات ناعادلانه و سلیقه‌ای طرح شده و طراح بدون مطالعهٔ مراجع موجود، طرح سؤال را انجام داده است. از جمله نکات منفی در طرح این سؤالات، عدم رعایت توزیع مناسب سؤالات بین بخش‌های مهمی نظیر طراحی روسازی، بارگذاری و ... است. در این آزمون حتی یک مسئله که بتوان با آن مهارت یک دانشجوی فنی را آزمایش کرد نیز به چشم نمی‌خورد.

با این اوصاف، حل ۵ تست از ۱۴ تست راهسازی و روسازی در کنکور ۹۱ عملکرد مناسب و حل ۹ تست از ۱۴ تست عملکرد فوق‌العاده‌ای محسوب می‌شود.

در پایان از شما دانشجویان عزیز که به کتاب‌ها و کلاس‌های مؤسسهٔ سری عمران اعتماد کرده‌اید کمال تشکر را داریم و مجدداً یادآوری می‌کنیم که تلاش شبانه‌روزی سری عمران، داشتن نقشی هر چند کوچک در اعتلای دانش مهندسین عزیز می‌باشد. ضمناً جهت اطلاعات بیشتر می‌توانید به قسمت تالار گفتگو در سایت سری عمران www.serieomran.ir مراجعه نمایید.

به یادتان هستیم به یادمان باشید

سری عمران

سری عمران

اگر دانشگاه اصلاح شود، ملکت اصلاح می‌شود.
امام خمینی (ره)

آزمون سراسری سال ۱۳۹۲

کارشناسی ارشد

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سوالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سوالات	از شماره	تا شماره
۱	زبان تخصصی	۳۰	۱	۳۰
۲	ریاضیات	۱۵	۳۱	۴۵
۳	مکانیک جامدات (مقاومت مصالح ـ تحلیل سازه‌ها)	۲۰	۴۶	۶۵
۴	مکانیک خاک و پی	۲۰	۶۶	۸۵
۵	مکانیک سیالات و هیدرولیک	۲۰	۸۶	۱۰۵
۶	طراحی (سازه‌های فولادی و بتنی ـ راهسازی و روسازی راه)	۳۰	۱۰۵	۱۳۵

گروه پاسخ دهندگان:
نادر فنائی، محمد آهنگر، حسین صباغیان، ساسان امیرافشاری، حسین فراهانی، مسعود مهدیان، مهدی اژدرنژاد، مجید فرقانی، محمد اصفهانی، زهرا آهنگر، مسعود دانایی، محسن حیدری

Part A: Vocabulary

Directions: Choose the word or phrase (1), (2), (3), or (4) that best completes each sentence. Then mark the correct choice on your answer sheet.

1- I was confused when reading the student's paper because it lacked ----------. First she told about a trip to a farm, and then she described her math test, and her topic was supposed to be about a favorite building.
1) persistence 2) coherence 3) equivalence 4) inference

2- If you are here in the autumn, you will also see that the oak is losing its leaves. Most oak trees are ----------, meaning they lose their leaves in the fall.
1) deciduous 2) symbiotic 3) immutable 4) asymmetrical

3- When I went to visit, Marsha's greeting was ----------. A few people had told me that she was often cold and unfriendly, but I did not find her so.
1) cordial 2) inevitable 3) ravenous 4) gloomy

4- One area that greetings illuminate is ----------. For example, which person says "hello" first and how someone is greeted can be part of the stratification system in a society.
1) awe 2) demise 3) deterrence 4) status

5- Welfare workers were sternly ---------- by the court for ignoring the woman's plea for help.
1) transmuted 2) coerced 3) rebuked 4) enforced

6- Kate shouldn't have any problem finding a job with her -------- of skills.
1) attachment 2) repertoire 3) initiation 4) expertise

7- To -------- the boredom that had set into my life, I decided to live on a farm for a year.
1) fluctuate 2) elicit 3) distract 4) alleviate

8- We should ---------- our nation's teachers because they have much of the responsibility for educating the future.
1) verbalize 2) vindicate 3) venerated 4) verify

9- Twins, being of -------- ages, are usually even better matched on environmental variables during upbringing than are siblings.
1) identical 2) volatile 3) adjacent 4) consistent

10- The great strength of 123 For Windows is its ---------- with all the earlier versions of the product.
1) disparity 2) neutrality 3) compatibility 4) clarity

Part B: Cloze Test

Directions: Read the following passage and decide which choice (1), (2), (3), or (4) best fits each space. Then mark the correct choice on your answer sheet.

In a fundamental discovery made in 1954, James Olds and Peter Milner found that stimulation of certain regions of the brain of the rat acted as a reward in teaching the animals to run mazes and solve problems. The conclusion from such experiments (11) ---------- stimulation gives the animals pleasure. The discovery has also been confirmed in humans. These regions are called pleasure or reward centers. One important centre is in the septal region, (12) ---------- are reward centers in the hypothalamus and in the temporal lobes of the cerebral hemispheres (13) ----------. When the septal region is stimulated in conscious patients (14) ---------- neurosurgery, there are feelings of pleasure, optimism, euphoria, and happiness.

Regions of the brain also clearly cause rats distress when electrically stimulated; these are called aversive centers. (15) ----------, the existence of an aversive centre is less certain than that of a reward centre.

11-	1) is	2) are the	3) is that	4) whose
12-	1) where	2) where they	3) in which	4) and there
13-	1) as well	2) either	3) also are	4) are too
14-	1) to be undergone	2) undergoing	3) undergo	4) have undergone
15-	1) Otherwise	2) However	3) Even though	4) By the same token

PART C: Reading Comprehension

***Directions*: Read the following two passages and answer the questions by choosing the best choice (1), (2), (3), or (4). Then mark the correct choice on your answer sheet.**

Passage 1:

In 1889, the Eiffel tower was unveiled at the Paris World Fair and, despite the initial debate over its aesthetic appeal, within a short period became the iconic image of a city and a symbol of technological progress. Over one hundred years later, at the 2008 Olympic games in Beijing, China unveiled it own architectural wonder, which, like the Eiffel Tower, was a metal mega-project. The Beijing National Stadium - more often referred to as the Bird's Nest stadium - took five years to complete and was constructed using 42,000 tons of steel, making it the largest steel structure in the world.

Measuring 330 meters long, 220 meters wide and 69.2 meters tall, the design of the Bird's Nest stadium design is based on 24 trussed columns, weighing 1000 tons each. Due to their weight, no crane was strong enough to lift the columns into place when construction of the stadium's steel outer shell began in 2005. As a result, the columns were shipped in parts to Beijing and assembled in position. After all 24 columns were in place, smaller beams were welded between to give the structure greater strength and enhance the unique, elliptical crosshatch appearance. Finally, a third set of beams was added in order to hang the transparent, polymer membrane, which provides roofing between the steel beams.

Three months of research led to the production of a new steel with low phosphor and low sulphur content, which they termed Q35. Q35 is a high-hardness steel able to bear stress up to 350000000 pascals. This would be critical in the construction of the 24 trussed columns, each of which were 300 meters in length and expected to help bare a load of 11,200 tons. The new, high strength steels, however, presented their own problems during construction, as higher than normal welding temperatures were required, often in very precarious and high locations. Welding, moreover, could only be conducted in temperatures of 15-16°C, which meant that workers had to weld during evening hours. In August of 2006, over 400 welders worked for three straight nights to weld the 320 kilometers of welding seams required to assemble the stadium's iconic, latticed steel frame.

By September of 2006, the structure was deemed ready to stand on its own and the 78 support pillars were removed one-by-one in front of a nervous design and construction team, leaving the entire structure standing on its own. Like the Eiffel Tower, the Bird's Nest has not been without its share of criticism, particularly for its non-traditional style and appearance. Nevertheless, it has become a poignant symbol of modern China and the engineering ability of mankind.

16- **What is the main structural role of pillars in the stadium?**

1) Bearing gravity loads
2) Bearing the loads during construction
3) Carrying the wind load
4) Carrying the earthquake load during construction

17- **According to the passage which statement is correct?**
1) Increasing sulphur content decreases the steel ductility
2) Increasing phosphor content increases the steel ductility
3) Increasing sulphur content increases the steel hardness
4) Increasing phosphor content decreases the steel hardness

18- **What is the weight of the Beijing Olypic games beams and roofs?**
1) 18000 tons 2) 42000 tons 3) 24000 tons 4) 66000 tons

19- **Which one is the largest steel structure in the world?**
1) Bird's nest 2) Paris World Fair
3) Eiffel tower 4) Sanfrancisco bridge

20- **What was the main challenge before the Eiffel tower was constructed?**
1) The structure elevator 2) The structure size
3) The structure stability 4) The structure beauty

Passage 2:

The selection of ground motion prediction models, and the determination of the contribution weight to assign to each of them, is a fundamental component of any seismic hazard analysis. It was demonstrated that the uncertainty corresponding to the selection of the attenuation model influences the hazard results more than other aspects of seismicity modeling. This epistemic uncertainty is often treated within the expert opinion approach through a logic tree framework. The branch weights in a logic tree framework correspond to the degree of belief of experts in different prediction models. Although seemingly straightforward, the logic tree approach is a challenging tool to capture this uncertainty. Some professionals believe that any attempt to assign numbers to degrees of belief, which are by nature personal and indefinable, and for which there are neither tests nor measurements, is a strategic mistake. From another point of view, it is indicated that due to the informal selection of the branch models and weights, the potential pitfalls regarding the construction and the use of logic trees is a rational expection. In addition to these general considerations, the absence of domestic experienced experts is additional impediment with the use of logic trees in regions such as Iran.

21- **According to the passage, which statement is correct?**
1) Only one attenuation model can be used whithin seismic hazard analysis
2) seismic hazard analysis does not depend on attenuation model
3) It is possible to use attenuation models whithin seismic hazard analysis
4) attenuation model does not depend on seismic hazard characteristics

22- **Which kind of uncertainty is present in the selection of attenuation model?**
1) Aleatory uncertainty 2) Epistemic uncertainty
3) Randomness uncertainty 4) No Uncertainty

23- **What does pitfall mean?**
1) Porblem 2) Logic tree 3) Uncertainty 4) Sesmic hazard

24- **What is the main challenge to use logic tree for the sesimic hazard analysis in Iran?**
1) ack of attenuation models 2) Lack of ground motions
3) Lack of experts 4) Lack of knowledge about uncertainty

25- **What does impediment mean in the text?**
1) difficulty 2) Uncertainty analysis
3) Logic tree analysis 4) domestic experienced experts

Read the 5 following questions and choose the best answer

26- **The construction material which is most likely to be abundantly present in a masonary structure is ---------- .**
1) steel 2) brick 3) aluminum 4) rein forced concrete

27- **Creep is the property of concrete by which it continues to deform with time under -------- loads.**
1) suitable 2) sustained 3) suspended 4) substantial

28- **A fracture phenomenon associated with a cycle stress condition is known as:**
1) strain - hardening 2) plastic hinge 3) ductile failure 4) fatigue

29- **The stresses that are caused by cold bending and straightening, cooling after rolling, or by welding are:**
1) yield stresses 2) ultimate stresses 3) residual stresses 4) working load stresses

30- **One can ---------- between gravel and sand by visual inspection.**
1) resolve 2) determine 3) tolerate 4) diferentiate

ریاضیات

۳۱- اگر $f(x)$ تابعی باشد، که در شرایط زیر صدق نماید، در این صورت $A=\sum_{k=11}^{17} f'(k)$ کدام است؟

$$\forall x,y\in R$$
$$f(x+y)=f(x)-f(y)+x^2y+xy^2$$
$$\lim_{x\to 0}\frac{f(x)}{x}=1$$

۱) ۱۳۹۰
۲) ۱۳۹۳
۳) ۱۳۹۲
۴) ۱۳۹۱

۳۲- مقدار $\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{\frac{1}{n^2}}\left(1+\frac{2}{n}\right)^{\frac{2}{n^2}}\ldots\left(1+\frac{n}{n}\right)^{\frac{n}{n^2}}$ کدام است؟

۱) $\sqrt[4]{e}$
۲) $\frac{1}{\sqrt{e}}$
۳) $\sqrt{e}$
۴) $\frac{1}{\sqrt[4]{e}}$

۳۳- حاصل $\int_0^1 \frac{1}{(x+3)^2}\ln\left(\frac{x+1}{x+2}\right)dx$ ، کدام است؟

۱) $-\frac{5}{4}\ln 2+\frac{23}{12}\ln 3$
۲) $-\frac{5}{4}\ln 2-\frac{23}{12}\ln 3$
۳) $-\frac{5}{4}\ln 3+\frac{23}{12}\ln 2$
۴) $-\frac{5}{4}\ln 3-\frac{23}{12}\ln 2$

۳۴- اگر x_1 و x_2 ریشه‌های معادلهٔ $x^2+2x+3=0$ بوده و $A=x_1^{90}+x_2^{90}$ ، $B=x_1^{91}+x_2^{91}$ باشد، در این صورت حاصل $C=x_1^{92}+x_2^{92}$ کدام است؟

۱) $3A+2B$
۲) $3A-2B$
۳) $-3A+2B$
۴) $-3A-2B$

۳۵- بازهٔ همگرایی سری $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{n}}$ ، کدام است؟

۱) $[-1,1)$ ۲) $[-1,1]$

۳) $(-1,1)$ ۴) $(-1,1]$

۳۶- معادله رویه حاصل از دوران هذلولی $\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}=1$ (در صفحه xy) حول محور xها کدام است؟

۱) $\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}-\frac{z^2}{4}=1$ ۲) $\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}+\frac{z^2}{9}=1$

۳) $\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}+\frac{z^2}{4}=1$ ۴) $\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}-\frac{z^2}{9}=1$

۳۷- با استفاده از تغییر متغیرهای $\alpha = y$, $\beta = xy$، معادلهٔ روبه‌رو به چه معادله‌ای تبدیل می‌شود؟ $xu_{xx}-yu_{xy}+u_x=0$

۱) $u_{\alpha\alpha}+u_{\beta\beta}=0$ ۲) $u_{\alpha\beta}=0$

۳) $u_{\alpha\alpha}=0$ ۴) $u_{\beta\beta}=0$

۳۸- مقدار $\iint_D \frac{\min\{x,y\}}{1+\max\{x,y\}}dxdy$ ، کدام است؟ $D=[0,1]\times[0,1]$ می‌باشد.

۱) $\frac{1}{2}\ln 2$ ۲) $\ln 2$

۳) $\ln 2-\frac{1}{2}$ ۴) $\ln 4-1$

۳۹- انتگرال خط $\int_C F.dR$ را که در آن $F(x,y)=(3y^2+2\ ,\ 16x)$ و C نیمه بالایی بیضی $b^2x^2+y^2=b^2$ از نقطهٔ $(-1,0)$ تا نقطه $(1,0)$ است، در نظر می‌گیریم. به ازای چه مقدار b، این انتگرال می‌نیمم است؟

۱) $b=\pi$ ۲) $b=\frac{1}{2}$

۳) $b=\frac{\pi}{2}$ ۴) $b=1$

۴۰- مقدار $\oint_C zdx+xdy+ydz$ ، که در آن C منحنی $\begin{cases} x^2+y^2+z^2=1 \\ x+y+z=1 \end{cases}$ می‌باشد، کدام است؟ (جهت C به گونه‌ای است که وقتی از مبدا به آن نگاه شود، ساعتگرد است.)

۱) 2π ۲) $\frac{2\pi\sqrt{3}}{3}$

۳) $\frac{2\pi}{3}$ ۴) $2\pi\sqrt{3}$

۴۱- جواب معادلهٔ دیفرانسیل $(\sqrt{x+y})dx=dy$ کدام است؟

۱) $\sqrt{x+y}-\ln(1+\sqrt{x+y})+\frac{1}{2}x=c$ ۲) $\sqrt{x+y}+\ln(1+\sqrt{x+y})-\frac{1}{2}x=c$

۳) $\sqrt{x+y}+\ln(1+\sqrt{x+y})+\frac{1}{2}x=c$ ۴) $\sqrt{x+y}-\ln(1+\sqrt{x+y})-\frac{1}{2}x=c$

۴۲- در معادله دیفرانسیل $xy'' + ۲y' = e^{-x^۲}$ اگر $y'(۱) = ۲$ باشد. $y'(-۱)$ کدام است؟ $(x \neq ۰)$

۱) -۲
۲) ۲
۳) ۱
۴) ۰

۴۳- اگر بدانیم e^x یک جواب معادلهٔ روبه‌رو است، جواب دوم آن کدام است؟ $xy'' - (x+n)y' + ny = ۰ \quad , \quad n \in \mathbb{N}$

۱) $\sum_{k=۰}^{n} \frac{x^k}{kk!}$
۲) $\sum_{k=۰}^{n} \frac{x^k}{(k+۱)!}$
۳) $\sum_{k=۰}^{n} \frac{x^k}{k!}$
۴) $\sum_{k=۰}^{n} \frac{x^k}{(k+۲)!}$

۴۴- جواب $f(t)$، در معادلهٔ انتگرالی $f(t) = te^{-t} + \int_{۰}^{t} xf(t-x)e^{-x}dx$ کدام است؟

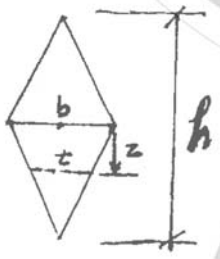
۱) $\frac{۱}{۲}(۱+e^{۲t})$
۲) $\frac{۱}{۲}(۱+e^{-۲t})$
۳) $\frac{۱}{۲}(۱-e^{-۲t})$
۴) $\frac{۱}{۲}(۱-e^{۲t})$

۴۵- در حل یک معادلهٔ دیفرانسیل مرتبه ۲ به روش سری‌ها، حول یک نقطهٔ تکین منظم، (مثلاً $x = ۰$)، فرض کنیم دو ریشهٔ معادلهٔ مشخصه $r_۱$ و $r_۲$ بوده که دارای اختلاف صحیح می‌باشند. در این صورت کدام گزینه در ارتباط با جواب نظیر ریشهٔ کوچکتر، صحیح می‌باشد؟

۱) حتماً هر دو جواب را خواهد داد.
۲) ممکن است هر دو جواب معادله را بدهد و یا هیچ‌کدام را ندهد.
۳) همواره هیچ جوابی از معادله را نمی‌دهد.
۴) همواره فقط منجر به یک جواب معادله خواهد شد.

مکانیک جامدات (مقاومت مصالح ۱ ـ تحلیل سازه‌های ۱)

۴۶- در مقطع تیر نشان داده شده در شکل، که تحت برش قائم V قرار دارد، ماکزیمم تنش برشی در چه تاری (Z) به وقوع می‌پیوندد.



۱) $Z = \frac{h}{۱۲}$
۲) $Z = \frac{h}{۶}$
۳) $Z = \frac{h}{۸}$
۴) $Z = ۰$

۴۷- بر اثر اعمال نیروی کششی $۳۰\,kN$ به یک میلهٔ منشوری با سطح مقطع $۳۰۰\,mm^۲$ و طول $۱۰\,cm$، طول آن به میزان ۵ میلی‌متر افزایش می‌یابد. مدول یانگ مصالح این میله برابر کدام است؟

۱) $۲\times۱۰^۶ \frac{N}{mm}$
۲) $۲\times۱۰^۳ \frac{N}{mm}$
۳) $۲\times۱۰^۶ \frac{N}{mm^۲}$
۴) $۲\times۱۰^۳ \frac{N}{mm^۲}$

۴۸- نیروی برشی قائم V بر دو مقطع جدار نازک با شعاع (R) و ضخامت (t) یکسان اعمال می‌شود. لولهٔ شماره ۱ بدون درز و شکاف است؛ ولی لولهٔ ۲ در راستای محور $x-x$ دارای درز است، و باز می‌باشد. نسبت تنش برشی ماکزیمم لولهٔ ۱ به تنش برشی ماکزیمم لولهٔ ۲ چند است؟

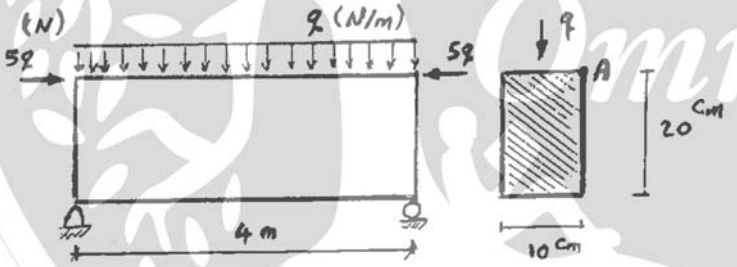
۱) ۲

۲) $\frac{۱}{۲}$

۳) $\frac{۳}{۲}$

۴) $\frac{۱}{۴}$

۴۹- تیر دو سر سادهٔ زیر، تحت بار گستردهٔ q در طول عضو و دو بار متمرکز 5q که در نقطهٔ A از مقطع تیر وارد می‌شود، قرارگرفته است. چنانچه تنش مجاز فشاری و کششی مصالح تیر برابر $۲۵۰\frac{N}{mm^۲}$ باشد، حداکثر مقدار مجاز q چند نیوتن بر متر است؟



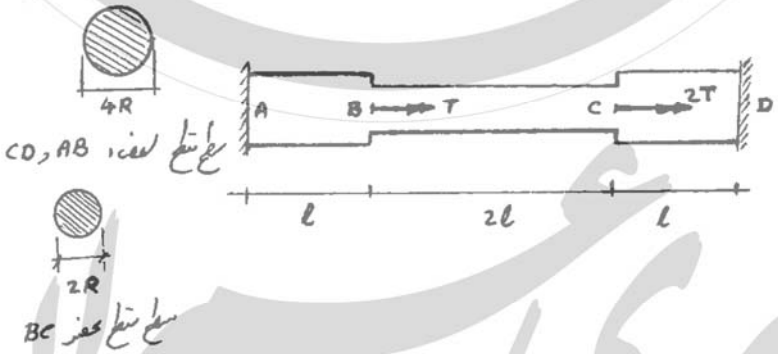
۱) ۶۶۵۵

۲) ۱۵۵۵

۳) ۱۶۵۵

۴) ۶۵۵

۵۰- عضو زیر، با مقطع دایره‌ای متغیر مطابق شکل تحت دو کوپل پیچشی متمرکز T و 2T در نقاط B و C قرارگرفته است. عکس العمل‌های تکیه‌گاهی در نقاط A و D کدام است؟



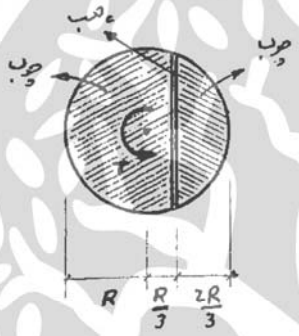
۱) $T_A=\frac{۳۵}{۳۴}T\ ,\ T_D=\frac{۶۷}{۳۴}T$

۲) $T_A=\frac{۳۷}{۳۴}T\ ,\ T_D=\frac{۳۵}{۳۴}T$

۳) $T_A=\frac{۶۷}{۳۴}T\ ,\ T_D=\frac{۳۵}{۳۴}T$

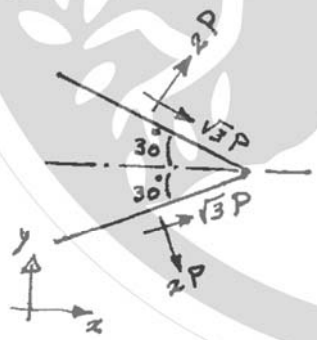
۴) $T_A=\frac{۶۵}{۳۴}T\ ,\ T_D=\frac{۳۷}{۳۴}T$

۵۱- عضوی به طول L با مقطع دایره‌ای مطابق شکل زیر تحت کوپل پیچشی T قرارگرفته است. در صورتی‌که مقطع از دو قسمت چوبی که توسط چسب به یکدیگر متصل شده تشکیل شده باشد، حداکثر کوپل پیچشی قابل تحمل توسط مقطع، کدام است؟
τ = تنش برشی مجاز چسب، ۲/۵τ = تنش برشی مجاز چوب



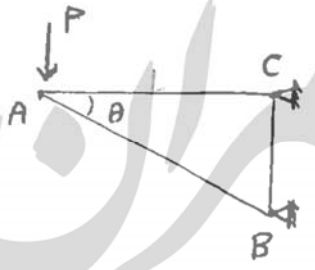
۱) $\frac{3\sqrt{2}}{2\pi}R^3$
۲) $\frac{4\sqrt{2}}{3\pi}R^3$
۳) $\frac{2\pi}{3\sqrt{2}}R^3$
۴) $\frac{3\pi}{4\sqrt{2}}R^3$

۵۲- تنش‌ها در یک نقطه از سازه بر روی دو صفحهٔ مطابق شکل نشان داده شده است. مؤلفه‌های تنش بر روی صفحهٔ عمودی، کدام است؟



۱) $\sigma_x = 5P\ ,\ \tau_{xy} = -p$
۲) $\sigma_x = 5P\ ,\ \tau_{xy} = 0$
۳) $\sigma_x = 5P\ ,\ \tau_{xy} = p$
۴) $\sigma_x = 8P\ ,\ \tau_{xy} = 0$

۵۳- در خرپای زیر، چنانچه طول عضو AC برابر L باشد، جهت مینیمم شدن حجم میلهٔ AB، زاویه θ چند درجه باید باشد؟



۱) $\frac{\pi}{3}$
۲) $\frac{\pi}{4}$
۳) $\frac{\pi}{2}$
۴) $\frac{1}{4}\sqrt{\pi}$

۵۴- چنانچه بخواهیم در تیر زیر، با مقطع مربع، **تنش مجاز کششی و فشاری**، مقادیر یکسان σ_a را داشته باشیم، حداقل مقدار b، کدام است؟

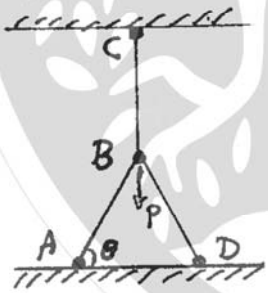
۱) $\sqrt[3]{\frac{6M}{G_a}}$

۲) $\sqrt[3]{\frac{3M}{G_a}}$

۳) $\sqrt{\frac{3M}{G_a}}$

۴) $\sqrt{\frac{6M}{G_a}}$

۵۵- سازه‌ای متشکل از سه میله مطابق شکل زیر، تحت بار قائم P قرارگرفته است. میله‌های AB ، BD مشابه و دارای طول ℓ و سطح مقطع A_1 هستند. میلهٔ قائم BC دارای طول ℓ و سطح مقطع A_2 می‌باشد. همهٔ میله‌ها از یک جنس (E) بوده و در نقاط A، B، C و D دارای اتصال مفصلی هستند. نیروی محوری میلهٔ قائم BC ، برابر کدام است؟



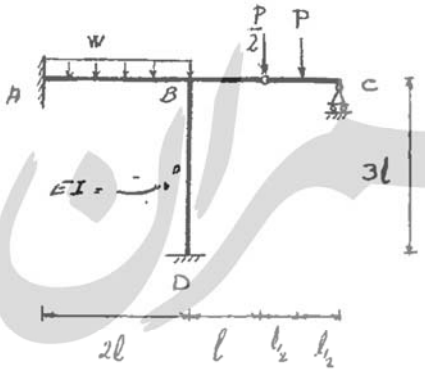
۱) $\frac{P}{2\sin^2\theta+1}$

۲) $\frac{P\left(\frac{A_2}{A_1}\right)}{2\left(\frac{A_2}{A_1}\right)\sin^2\theta+1}$

۳) $\frac{P\left(\frac{A_1}{A_2}\right)}{2\sin^2\theta+\left(\frac{A_1}{A_2}\right)}$

۴) $\frac{P\left(\frac{A_2}{A_1}\right)}{2\sin^2\theta+\left(\frac{A_2}{A_1}\right)}$

۵۶- در سیستم روبه‌رو، P چقدر انتخاب شود تا M_D صفر شود؟



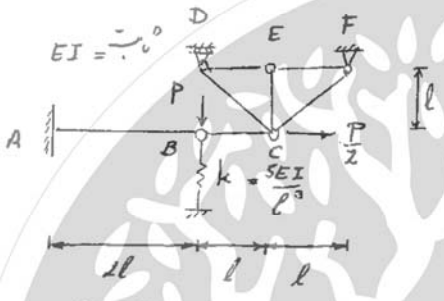
۱) $\frac{w\ell}{3}$

۲) $\frac{3w\ell}{8}$

۳) $\frac{w\ell}{6}$

۴) $\frac{w\ell}{12}$

۵۷- تغییر مکان قائم نقطهٔ B، کدام است؟



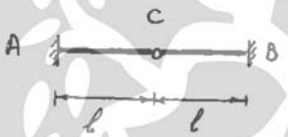
۱) $\frac{P\ell^3}{48EI}$

۲) $\frac{P\ell^3}{12EI}$

۳) $\frac{8P\ell^3}{48EI}$

۴) $\frac{P\ell^3}{3EI}$

۵۸- مساحت زیر خط تأثیر M_A، کدام است؟



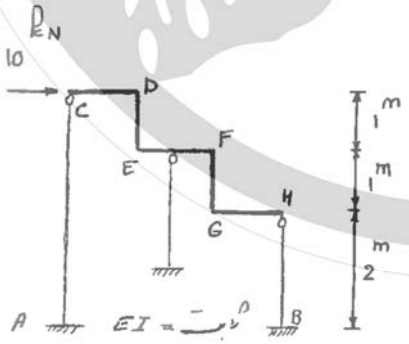
۱) $\frac{1}{2}\ell^2$

۲) ℓ^2

۳) $2\ell^2$

۴) هیچ کدام

۵۹- مقدار $\frac{M_A}{M_B}$، کدام است؟ سقف قاب را صلب فرض و از تغییر طول محوری اعضای قائم صرفنظر کنید.



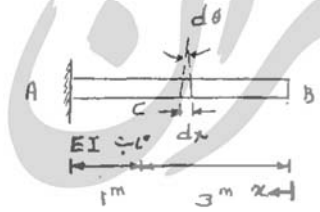
۱) $\frac{1}{2}$

۲) $\frac{1}{8}$

۳) $\frac{1}{4}$

۴) $\frac{1}{16}$

۶۰- اگر $d\theta$ در تیر AB که تحت شرایط خارجی تغییر شکل داده و خم برداشته است با رابطه $d\theta = \frac{x\,dx}{EI}$ بیان شود، Δ_C کدام است؟ (نقطهٔ c به فاصلهٔ یک متر از تکیه‌گاه A قرار گرفته است.)



۱) $-۵/۳۳/EI$

۲) $-۹/EI$

۳) $-۱/۸۳/EI$

۴) $-۲۱/۳۳/EI$

۶۱- بار گسترده یکنواخت به شدت w، به طول دلخواه، بر روی دهانه‌های تیر زیر قرار می‌گیرد. حداکثر نیروی برشی سمت راست تکیه‌گاه C، چقدر است؟

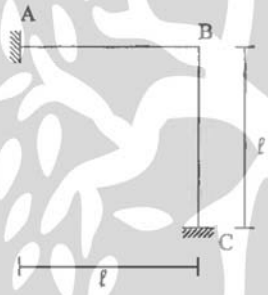
۱) $\frac{7w\ell}{2}$

۲) $\frac{5w\ell}{2}$

۳) $3w\ell$

۴) $2w\ell$

۶۲- سازهٔ زیر مفروض است. اگر نقطهٔ B به اندازهٔ $0/02\ell$ به سمت بالا و به اندازهٔ $0/01\ell$ به سمت راست و به اندازهٔ $0/01$ رادیان در جهت مثلثاتی دوران کند، انرژی ذخیره شدهٔ خمشی در سازه چقدر است؟ EI همهٔ اعضا ثابت است.



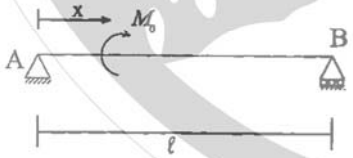
۱) $21\times10^{-4}\frac{EI}{\ell}$

۲) $14\times10^{-4}\frac{EI}{\ell}$

۳) $7\times10^{-4}\frac{EI}{\ell}$

۴) $28\times10^{-4}\frac{EI}{\ell}$

۶۳- لنگر متمرکز M_0 در نقطه‌ای به فاصلهٔ x از تکیه‌گاه A تیر AB قرار گرفته است. EI تیر ثابت است. x چقدر باشد، تا θ_A برابر صفر شود.



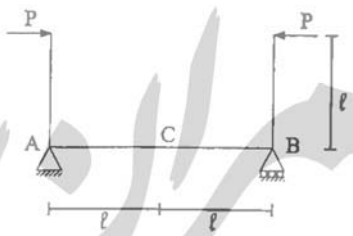
۱) $(1-\frac{\sqrt{2}}{3})\ell$

۲) $(1-\frac{\sqrt{3}}{3})\ell$

۳) $(1-\frac{\sqrt{3}}{2})\ell$

۴) $(1-\frac{\sqrt{2}}{2})\ell$

۶۴- سازهٔ زیر مفروض است. اگر EI در سازه ثابت، α ضریب انبساط حرارتی و h ارتفاع مقطع تیر AB باشد. تار پایین تیر AB را به چه اندازه سرد کنیم، تا تغییر مکان نقطهٔ C (وسط دهانه)، صفر شود؟ درجه حرارت تار بالا تغییر نمی‌کند. همچنین تغییر درجه حرارت بین تار بالا و پایین به صورت خطی است.



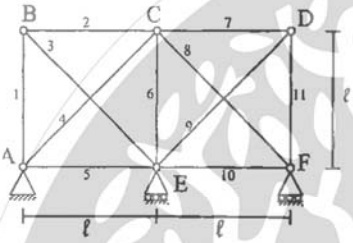
۱) $\frac{P\ell h}{\alpha EI}$

۲) $\frac{2P\ell h}{\alpha EI}$

۳) $\frac{P\ell h}{2\alpha EI}$

۴) $\frac{P\ell h}{4\alpha EI}$

۶۵- عضو شمارهٔ i خرپای مطابق شکل تحت اثر بارگذاری خارجی، دارای نیروی محوری N_i است. تغییر مکان افقی نقطهٔ C چقدر است؟ (شمارهٔ اعضا روی شکل نمایش داده شده است.)
EA تمام اعضا یکسان است.

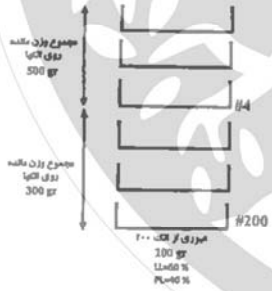


۱) $(N_5+N_7-2N_9-N_{11})\frac{\ell}{EA}$
۲) $(N_5+N_7+2N_9-N_{11})\frac{\ell}{EA}$
۳) $(N_5-N_7-2N_9+N_{11})\frac{\ell}{EA}$
۴) $(N_5-N_7+2N_9-N_{11})\frac{\ell}{EA}$

مکانیک خاک و پی‌سازی

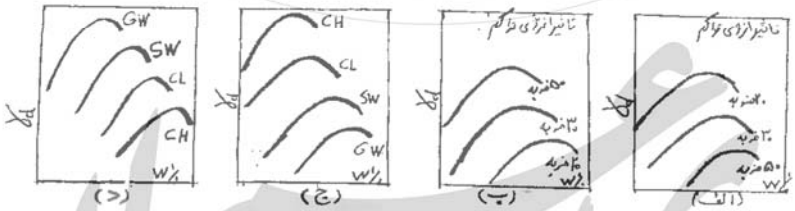
۶۶- یک لایه خاک با وزن مخصوص $1/5\ gr/cm^3$، با تودهٔ ویژهٔ ۲/۵ و درصد رطوبت ۲۰، زیر باران قرار می‌گیرد. اگر در طول بارندگی حجم لایهٔ خاک ثابت بماند، افزایش درصد رطوبت خاک پس از اشباع کامل لایهٔ خاک، چند درصد است؟
۱) ۵
۲) ۱۰
۳) ۲۰
۴) ۱۵

۶۷- اطلاعات آزمایش دانه‌بندی نوعی خاک مطابق شکل روبه‌رو می‌باشد. نوع خاک بر اساس روش متحد، کدام است؟



۱) SC
۲) SM
۳) GM
۴) GC

۶۸- تأثیر نوع خاک و انرژی تراکم بر منحنی تراکم، در کدام شکل صحیح است؟

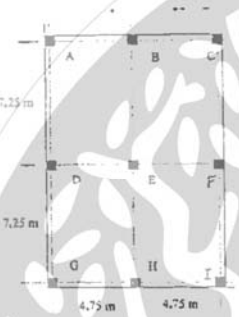


۱) شکل‌های الف و ج
۲) شکل‌های الف و د
۳) شکل‌های ب و د
۴) شکل‌های ب و ج

۶۹- پی گسترده‌ای متشکل از ۹ ستون واقع بر آن در شکل زیر نشان داده شده است. مقادیر بار ستون‌ها نیز در زیر ارائه شده است. ابعاد ستون‌ها $50\times50\,cm$ و فشار مجاز خاک $200kPa$ می‌باشد. براساس اصول روش تحلیل صلب (سنتی) برای اینگونه پی‌ها، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

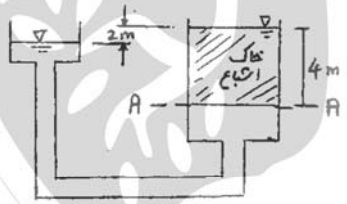
$P_A, P_C, P_G, P_I = 400kN$ ، P_B و $P_H = 450\,kN$

$P_E = 1000\,kN$ ، $P_D, P_F = 500kN$



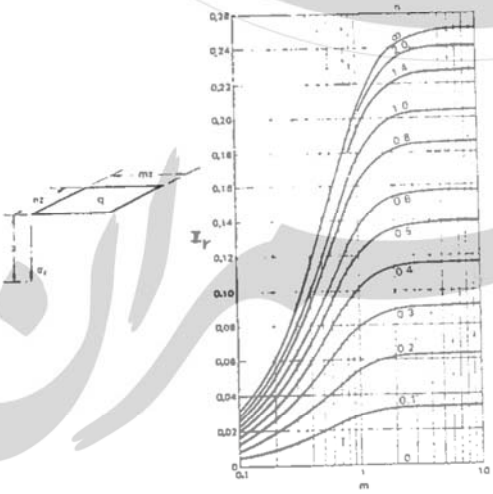
۱) فشار خاک در زیر تمام نقاط زیر پی و منجمله زیر تمامی ستون‌ها یکسان، و زیر حد مجاز فشار خاک می‌باشد.
۲) فشار خاک در زیر ستون‌های A و C از دیگر نقاط زیر پی و یا زیر ستون‌های دیگر، بسیار بیش‌تر است.
۳) ماکزیمم فشار خاک در زیر ستون E به وجود می‌آید، که بیش‌تر از حد مجاز فشار خاک می‌باشد.
۴) فشار خاک در زیر ستون‌های C و G از دیگر نقاط زیر پی و یا زیر ستون‌های دیگر، بسیار بیش‌تر است.

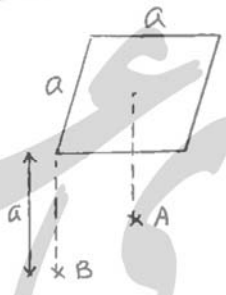
۷۰- نیرو و فشار تراوش در مقطع A-A به ترتیب کدام است؟ سطح مقطع نمونهٔ خاک ۲۰۰ سانتی‌متر مربع، وزن مخصوص اشباع $20\,kN/m^3$ و $\gamma_w = 10\,kN/m^3$ در نظر گرفته شود.



۱) $p = 10\,kN/m^2$ ، $F = 0/4\,kN$
۲) $p = 10\,kN/m^2$ ، $F = 0/8\,kN$
۳) $p = 20\,kN/m^2$ ، $F = 0/8\,kN$
۴) $p = 20\,kN/m^2$ ، $F = 0/4\,kN$

۷۱- اضافه تنش قائم در عمقی برابر بعد پی مربعی در زیر مرکز پی، چند برابر اضافه تنش قائم در همان عمق ولی در زیر یکی از گوشه‌های همان پی است؟





۱) ۱/۸
۲) ۲/۴
۳) ۴
۴) ۳/۲

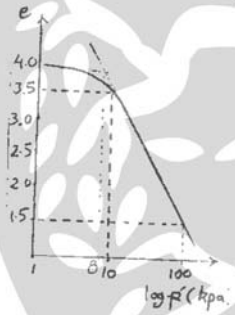
۷۲- در یک آزمایش سه محوری، تحت تنش‌های σ_1 و σ_3، نمونهٔ خاک با زاویه ۳۰° نسبت به افق گسیخته شده است. اگر مقادیر تنش قائم و افقی در لحظهٔ گسیختگی روی سطح بریده شده به ترتیب ۳۴۶kPa و ۱۷۳kPa اندازه‌گیری شده باشد، تنش‌های σ_1 و σ_3 چند کیلوپاسکال است؟

۱) ۴۴۶ ، ۴۶
۲) ۶۹۲ ، ۹۲
۳) ۸۹۲ ، ۹۲
۴) ۸۴۴ ، ۴۶

۷۳- در مورد ضرایب A و B اسکمپتون، گزینهٔ صحیح، کدام است؟

۱) در خاک‌های رسی با OC بالا، $0 < A < 0/5$ می‌باشد، چون خاک دربرش، رفتار انقباضی دارد.
۲) در خاک‌های رسی با OC بالا، $-0/5 < A < 0$ می‌باشد، چون خاک دربرش، رفتار اتساعی دارد.
۳) در خاک‌های رسی NC، $-0/5 < A < 0$ می‌باشد، چون خاک دربرش، رفتار اتساعی دارد.
۴) در خاک‌های رسی NC، $0 < A < 0/5$ می‌باشد، چون خاک دربرش، رفتار انقباضی دارد.

۷۴- بر روی یک لایه رس NC اشباع به ضخامت ۱۰ متر و تخلخل اولیهٔ $e_0 = 4/0$، عملیات پیش بارگذاری انجام شده است. اگر متوسط اضافه تنش وارد برآن ۱۶ kPa باشد، مقدار نشست تحکیمی این لایهٔ رسی، تقریباً چند متر است؟



۱) ۰/۵
۲) ۱/۰
۳) ۲/۵
۴) ۲/۰

۷۵- یک لایه خاک رس اشباع به ضخامت ۱۰ متر بر روی یک لایه خاک درشت دانه قرار گرفته است. ضریب تحکیم C_v برای خاک رس $5\times10^{+3}\ \frac{cm^2}{سال}$ در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده است. درصد تحکیم در وسط لایهٔ رسی بعد از ۵ سال، کدام است؟

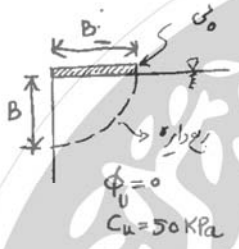
T_v	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵
U_z در وسط لایه رس	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۴	۰/۵۲	۰/۶۳

۱) ۶
۲) ۲۱
۳) ۵۲
۴) ۴۷

۷۶- نسبت زمان لازم برای رسیدن به درجهٔ تحکیم ۹۰ درصد در لایهٔ A به لایهٔ B (شکل روبه‌رو)، چقدر است؟ جنس دو لایه را یکسان فرض کنید.

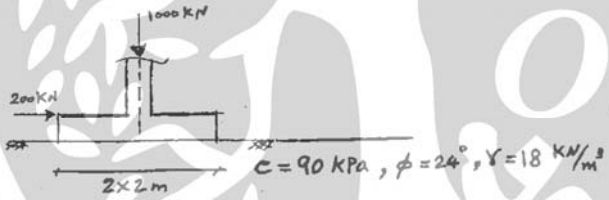
۱) ۰/۸
۲) ۰/۳۹
۳) ۱/۲۸
۴) ۱/۲۵

۷۷- ظرفیت باربری کوتاه مدت پی مطابق شکل، چند کیلوپاسکال است؟ (گسیختگی برشی را مطابق ربع دایرهٔ زیر، در نظر بگیرید و از وزن خاک صرفنظر کنید.)



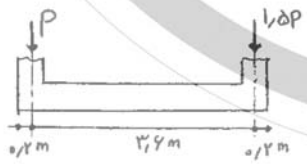
۱) ۷۹
۲) ۱۵۷
۳) ۳۱۴
۴) ۱۵۷ B

۷۸- پی مربع مطابق شکل، علاوه بر بار قائم، تحت تأثیر نیروی افقی معادل ۲۰۰ kN نیز قرار گرفته است. اگر زاویهٔ اصطکاک و چسبندگی بین کف پی و خاک δ و c_1 فرض شوند. ضریب اطمینان پی در برابر لغزش چقدر است؟
$\delta = \tan^{-1}(\frac{2}{3}\tan\phi)$ ، $\tan\phi = 0/45$ ، $c_1 = \frac{2}{3}c$، از وزن پی صرفنظر گردد.



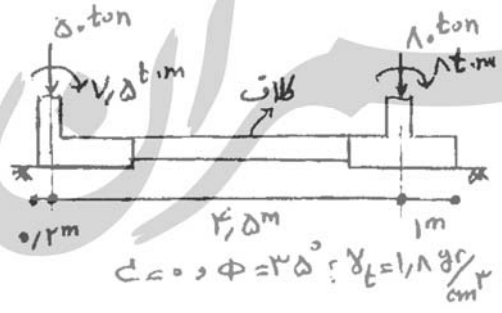
۱) ۰/۷
۲) ۱/۴
۳) ۲/۷
۴) ۱/۷

۷۹- برای یک پی نواری به عرض ۲ متر مطابق شکل روبه‌رو، ضریب $S_\gamma = 1 - 0/4\frac{B}{L}$ در محاسبه ظرفیت باربری پی، به کدام یک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟



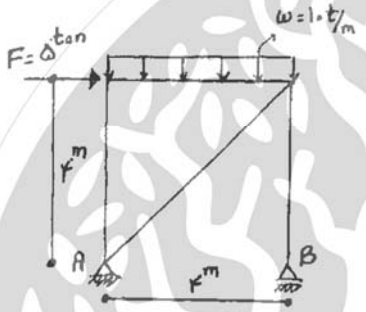
۱) ۰/۷۵
۲) ۰/۸۰
۳) ۰/۹۰
۴) ۰/۸۵

۸۰- برای سیستم پی کلاف‌دار مطابق شکل روبه‌رو، نسبت ظرفیت باربری نهایی پی سمت چپ به پی سمت راست برابر کدام است؟
۲ متر × ۲ متر = ابعاد پی سمت راست
۱/۵ متر × ۱/۵ متر = ابعاد پی سمت چپ



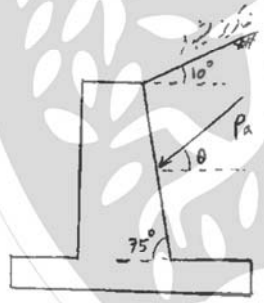
۱) ۰/۶۵
۲) ۰/۷۰
۳) ۰/۸۰
۴) ۰/۷۵

۸۱- برای قاب بادبندی شدهٔ شکل زیر با اتصالات مفصلی، قرار است دو پی مجزای مربعی در زیر تکیه‌گاه‌های A و B طراحی شود. اگر پی‌ها بدون عمق مدفون باشند؛ نسبت نشست الاستیک پی B (با بُعد ۲ متر) به پی A (با بُعد ۱/۵ متر)، برابر کدام است؟ توجه: خاک زیر پی دارای مدول الاستیسیتهٔ E و ضریب پواسون ۷ می‌باشد.



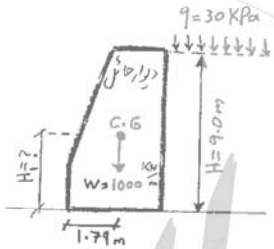
۱) ۰/۷۵
۲) ۰/۸
۳) ۱/۳۳
۴) ۱/۲۵

۸۲- زاویه‌ی برآیند نیروی فعال خاک (Pa) با محور افقی و براساس تئوری کولمب، چند درجه می‌باشد؟ زاویه‌ی اصطکاک داخلی خاک صرفاً دانه‌ای پشت دیوار $\phi = ۳۰^\circ$ بوده و زاویهٔ اصطکاک خاک با وجه پشتی دیوار $\delta = \frac{۲}{۳}\phi$ فرض می‌شود.



۱) ۱۰
۲) ۱۵
۳) ۴۵
۴) ۳۵

۸۳- در شکل زیر، اگر ضریب اطمینان واژگونی دیوار حائل $F.S = ۲/۰$ در نظر گرفته شده باشد، ارتفاع H_1 خاک جلوی دیوار برای خاکریزی و متراکم نمودن چند متر باید باشد؟ خاک جلوی دیوار و پشت دیوار یکسان و از یک نوع و با مشخصات $\phi = ۳۰^\circ$ و $C = ۰$ و $\gamma = ۲۰\frac{kN}{m^۳}$ و $K_a = \frac{۱}{k_p} = \frac{۱}{۳}$ فرض می‌شود.



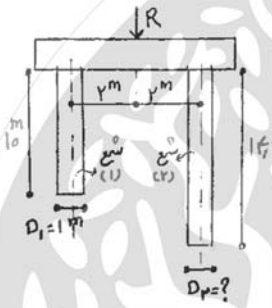
۱) $۴\sqrt{۳}$
۲) ۴
۳) $\frac{۴}{\sqrt{۳}}$
۴) $۲\sqrt{۳}$

۸۴- یک شمع با قطر D و طول مدفون h در خاک دانه‌ای $(\phi \neq ۰ , C = ۰)$ موردنظر است. اگر طول مدفون شمع دو برابر شود؛ قطر آن چه ضریبی از قطر D انتخاب شود، تا ظرفیت باربری انتهایی آن ثابت بماند. در این حالت مقاومت جداره چند برابر حالت قبل است؟

۱) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}D$ ، $۴\sqrt{۲}$
۲) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}D$ ، $۲\sqrt{۲}$
۳) $\frac{D}{۲}$ ، ۴
۴) $\frac{D}{۲}$ ، ۲

۸۵- یک گروه شمع دوتایی دایره‌ای با اتصال مفصلی با کلاهک صلب مطابق شکل زیر، موردنظر است. اگر بخواهیم سهم بار دو شمع از بار قائم R یکسان باشد، قطر شمع شماره (۲) چند متر است؟

۱) ۱٫۶۰
۲) ۱٫۴۴
۳) ۱٫۲۵
۴) ۱٫۳۶



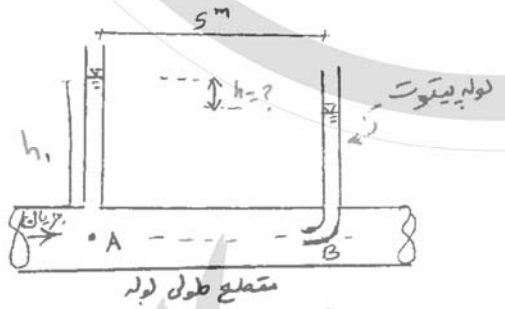
مکانیک سیالات و هیدرولیک

۸۶- یک مدل هیدرولیکی از حوضچهٔ آرامش یک سد با مقیاس $\frac{۱}{۵۰}$ ساخته شده است. اگر استهلاک انرژی کل در مدل آزمایشگاهی در یک زمان مشخص ۱ ژول باشد، مقدار استهلاک انرژی کل در مدل واقعی در زمان نظیر آن چند ژول است؟ (سیال مورد استفاده در هر دو مدل یکسان است)

۱) $۵۰^{\frac{۵}{۲}}$
۲) ۵۰
۳) $۵۰^{\frac{۷}{۲}}$
۴) $۵۰^{۴}$

۸۷- در شکل روبه‌رو، در نقطهٔ A پیوزومتر و در نقطهٔ B لولهٔ پیتوت نصب شده است. قطر لوله ۲۵ mm و سرعت جریان $v = ۱ \frac{m}{s}$ است. اگر ضریب اصطکاک $f = ۰٫۰۲$ باشد، اختلاف ارتفاع تراز آب در پیوزومتر و لولهٔ پیتوت که در فاصلهٔ ۵ m از هم قرار دارند، چند متر است؟ ($g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$ ، $\rho = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$)

۱) ۰٫۱۵
۲) ۱
۳)
۴) ۲۵



۸۸- در مورد رابطهٔ $\vec{F} = \rho Q \Delta \vec{V}$ گزینهٔ درست کدام است؟

۱) برای جریان ناپایدار و سیال تراکم‌پذیر صادق است.
۲) برای جریان پایدار و سیال تراکم‌ناپذیر صادق است.
۳) برای جریان پایدار و ناپایدار صادق است.
۴) برای سیال تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر صادق است.

۸۹- در سیستم زیر، از یک پمپ برای تأمین دبی $Q = ۰/۰۱۵۷ \frac{m^۳}{s}$ استفاده می‌شود. اگر فشار بخار آب $P_{at_۰} = ۱۰^۴ Pa$ ، $P_v = ۰/۱$ ، ضریب اصطکاک $f = ۰/۰۲$ و چگالی آب $\rho = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ باشد، موقعیت پمپ در چه فاصله‌ای (m) از مخزن باشد، تا کاویتاسیون ایجاد نشود؟ (قطر لوله $۱۰ cm$) و ($g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$ ، $\pi = ۳/۱۴$)

۱) ۴۷۰
۲) ۴۴۰
۳) ۵۰۰
۴) ۵۳۰

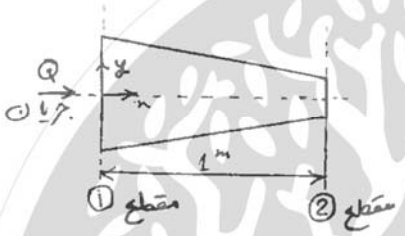
۹۰- در یک لولهٔ افقی به قطر $۱۰ cm$ دبی به صورت خطی در مدت ۲ ثانیه از $۲۰ \frac{L}{s}$ به $۴۰ \frac{L}{s}$ افزایش می‌یابد. اگر چگالی سیال $\rho = ۸۰۰ \frac{kg}{m^۳}$، و سیال تراکم‌ناپذیر باشد، مقدار گرادیان فشار لازم در طول لوله برای ایجاد این تغییر دبی چند $\frac{N/m^۲}{m}$ می‌باشد؟ (از اثرات لزجت صرفنظر می‌شود.)

۱) $\frac{۲۰۰۰}{\pi}$
۲) $\frac{۱۶۰۰}{\pi}$
۳) $\frac{۳۲۰۰}{\pi}$
۴) $\frac{۴۰۰۰}{\pi}$

۹۱- یک جت قائم به قطر $۵ cm$ از انتهای نازل با سرعت $۱۲ \frac{m}{s}$ خارج می‌شود و به صفحهٔ قابل تحرک فوقانی به وزن $۶۰\pi (N)$ برخورد می‌کند. پس از آن به صورت افقی پخش می‌شود. فاصلهٔ قائم h برای تعادل صفحهٔ فوقانی تا محل نازل چند متر است؟ ($g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$ ، $\rho = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$)

۱) ۲
۲) ۱
۳) ۳
۴) ۴

۹۲- در تبدیل روبه‌رو، مقطع دایره‌ای با قطر ۳۰ cm در مقطع ۱ در طول یک متر به مقطع دایره‌ای به قطر ۱۰ cm تبدیل شده است. اگر سرعت جریان در مقطع ۱ برابر $۲\frac{m}{s}$ باشد، شتاب ذره‌ای که روی محور لوله و در فاصلهٔ ۰/۵ m از مقطع ۱ قرار دارد، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (جریان پایدار است)

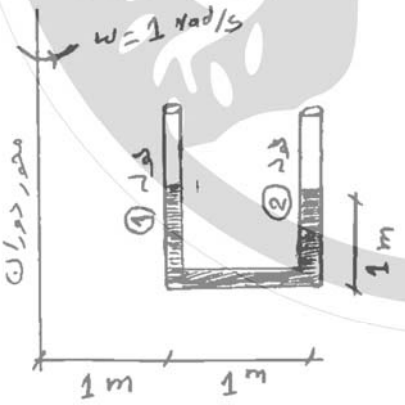


۱) ۱۸
۲) ۹
۳) ۴۰/۵
۴) ۸۱

۹۳- میدان سرعت یک جریان ماندگار $\vec{v} = x\vec{i} - y\vec{j}$ می‌باشد. ذره‌ای در لحظهٔ $t = 0$ در موقعیت $(x = 1 , y = 2)$ قرار دارد. موقعیت ذره در لحظهٔ $t = 4\ sec$، کدام است؟

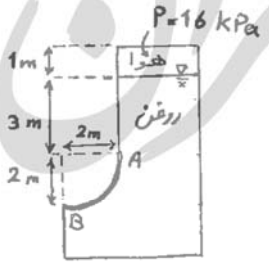
۱) $x = e^4 , y = e^{-4}$
۲) $x = e^4 , y = 2e^{-4}$
۳) $x = 2e^{-4} , y = e^4$
۴) $x = e^{-4} , y = 2e^4$

۹۴- مطابق شکل روبه‌رو، لولهٔ ۱ و لولهٔ ۲ به هم متصل بوده و یک لولهٔ U شکل را ساخته‌اند، که تا ارتفاع یک متر از آب پر شده است. اگر سطح مقطع لولهٔ ۱ برابر a و سطح مقطع لولهٔ ۲ برابر 2a باشد، در صورتی که مجموعه حول محور نشان داده شده با سرعت زاویه‌ای ثابت $1\frac{rad}{s}$ بچرخد، سطح آب در لولهٔ ۱ نسبت به وضعیت سکون چگونه است؟ (a کوچک است)
(g شتاب ثقل)



۱) به مقدار $\frac{1}{g}$ پایین‌تر از حالت سکون
۲) به مقدار $\frac{1}{g}$ بالاتر از حالت سکون
۳) به مقدار $\frac{3}{g}$ پایین‌تر از حالت سکون
۴) به مقدار $\frac{2}{g}$ پایین‌تر از حالت سکون

۹۵- نیروی قائم وارد بر صفحهٔ ربع دایره‌ای AB به شعاع 2 m (شکل روبه‌رو) چند kN است؟
(فشار هوای بالای ظرف 16 kPa، طول ظرف ۱ متر و وزن مخصوص روغن $8\frac{kN}{m^3}$ است)
$(\pi = 3/14)$



۱) ۶۵/۱۲
۲) ۵۱/۱۲
۳) ۸۱/۱۲
۴) ۱۰۵/۱۲

۹۶- یک کرهٔ همگن مطابق شکل، در زیر سطح سیال با وزن حجمی γ_0 قرار دارد. در زیر این کره سوراخ کوچکی به قطر $2a$ واقع است که به اتمسفر راه دارد. وزن حجمی کره $0/9\gamma_0$ و شعاع آن R است. حداقل مقدار ارتفاع سیال «h» چقدر باشد، تا کره در زیر سیال بماند و بالا نیاید. ($a \ll R$)

۱) $\frac{1}{5}\frac{R^3}{a^2}$

۲) $\frac{2}{15}\frac{R^3}{a^2}$

۳) $\frac{4}{15}\frac{R^3}{a^2}$

۴) $\frac{7}{15}\frac{R^3}{a^2}$

۹۷- در یک خط لولهٔ افقی به قطر $d = 0/1\,m$ نشتی در قسمت مدفون لوله در فاصلهٔ BC رخ می‌دهد. مشخصات طولی لوله و فشار سنجی‌های انجام شده در نقاط A، B، C و D به قرار زیر است:

$L_2 = 1500\,m$ و $L_1 = 1000\,m$ ، $P_A = 6\,bar$ ، $P_B = 4\,bar$ ، $P_C = 1/5\,bar$ ، $P_D = 1\,bar$

موقعیت نشت برحسب km در چه فاصله‌ای از B قرار گرفته است؟

۱) ۰/۹۲

۲) ۰/۶۳

۳) ۱/۱۷

۴) ۱/۳۸

۹۸- یک کانال مستطیلی به عرض ۱ متر، جریان آب با سرعت $\sqrt{\frac{g}{2}}\frac{m}{s}$ و با عمق ۱ متر را انتقال می‌دهد. این کانال در ادامه به یک کانال مثلثی با شیب دیواره‌های ۱:۱ برخورد می‌کند. اگر افت ناشی از تبدیل کانال مستطیل به مثلث برابر $0/15m$ باشد، کف کانال مثلثی نسبت به کف کانال مستطیلی، در چه موقعیتی قرارگیرد، تا انسداد پیش نیاید؟ (g شتاب ثقل)

۱) ۱۲cm پایین‌تر

۲) ۱۰cm پایین‌تر

۳) ۱۵cm پایین‌تر

۴) ۲۰cm پایین‌تر

۹۹- در مورد جریان پایدار و غیر یکنواخت تدریجی در یک کانال روباز، کدام مورد درست است؟

۱) دبی و عمق جریان در هر مقطع ثابت، و در طول کانال دبی جریان ثابت و عمق آن متغیر است.

۲) دبی و عمق جریان در هر مقطع، و در طول کانال ثابت است.

۳) دبی و عمق جریان در هر مقطع متغیر بوده، و در طول کانال هر دو ثابتند.

۴) دبی و عمق جریان در هر مقطع ثابت بوده و در طول کانال هر دو متغیرند.

۱۰۰- جریان بحرانی در یک مقطع کانال برقرار است. در مقطع مذکور، عرض سطح آب ۵ متر و فاصلهٔ بین سطح آب تا تراز خط انرژی ۰/۲ متر می‌باشد. دبی جریان چند متر مکعب در ثانیه است؟ ($g = 10\frac{m}{s^2}$)

۱) ۴

۲) ۲

۳) ۶

۴) ۸

۱۰۱- در یک کانال عریض، اگر ضریب مانینگ $n = ۰/۰۱$ ، شیب کف کانال $S_۰ = ۰/۰۰۲۵$ ، دبی واحد عرض $۵\frac{m^۳}{m.s}$ باشد، در مقطعی که عمق آب ۲ متر است، پروفیل سطح آب کدام است؟

۱) $S_۲$
۲) $S_۱$
۳) $M_۱$
۴) $M_۲$

۱۰۲- مطابق شکل زیر جریان به وسیله یک سرریز کناری از کانال خارج می‌شود. اگر رژیم جریان در کانال، زیربحرانی و افت انرژی ناچیز باشد، عمق جریان در طول سرریز کناری (بین نقاط A و B) چگونه تغییر می‌کند؟

۱) تغییر نمی‌کند.
۲) کاهش می‌یابد.
۳) افزایش می‌یابد.
۴) ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد.

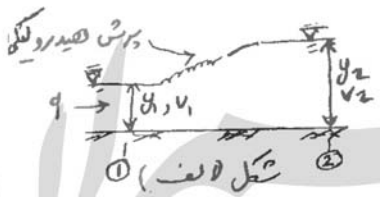
۱۰۳- در صورتی که یک کانال با شیب ملایم به کانالی با شیب ملایم‌تر برخورد کند، امکان تشکیل چه نوعی پروفیلی وجود دارد؟

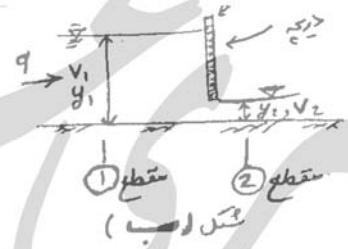
۱) $M_۳$
۲) $M_۱$
۳) $M_۳$
۴) $M_۳$ و $M_۲$

۱۰۴- یک کانال مثلثی با شیب دیواره‌های ۱:۱ و ضریب مانینگ $n = ۰/۰۱$ ، که دارای شیب تند می‌باشد، از یک مخزن بزرگ که سطح آب آن ۲/۵m بالاتر از کف ابتدای کانال است، آبگیری می‌کند. دبی جریان در کانال چند متر مکعب در ثانیه است؟

۱) $۳\sqrt{g}$
۲) $۲\sqrt{g}$
۳) $۴\sqrt{g}$
۴) $۶\sqrt{g}$

۱۰۵- در شکل «الف» و «ب»، دبی واحد عرض و عمق جریان در مقطع ۱ معلوم است. برای تعیین عمق جریان در مقطع ۲ در شکل‌های «الف» و «ب» به ترتیب کدام زوج روابط باید استفاده کرد؟





۱) (اندازهٔ حرکت ـ انرژی) ـ (پیوستگی ـ انرژی)
۲) (انرژی ـ پیوستگی) ـ (اندازهٔ حرکت ـ انرژی)
۳) (پیوستگی ـ اندازهٔ حرکت) ـ (پیوستگی ـ اندازهٔ حرکت)
۴) (پیوستگی ـ اندازهٔ حرکت) ـ (انرژی ـ پیوستگی)

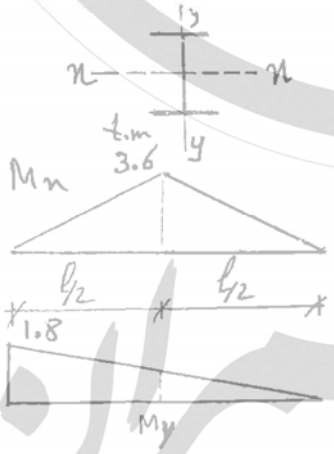
۱۰۶- در شکل زیر ، با فرض مقاومت کافی پیچ‌ها، ظرفیت کششی ورق چند تن است؟ فولاد مصرفی St۳۷ و قطر مؤثر سوراخ‌ها ۲cm ، و ضخامت ورق ۱cm است.

۱) ۱۴٫۸
۲) ۱۴٫۴
۳) ۱۲٫۹۵
۴) ۱۶٫۶۵

۱۰۷- دو مقطع تیرآهن باریک I شکل پهلو به پهلو بهم جوش شده‌اند. حداقل شعاع ژیراسیون مقطع ترکیبی چند سانتی متر است؟ مشخصات هر تیرآهن $(A = ۴۰cm^۲, b = ۹cm, h = ۲۰cm, Ix = ۲۱۴۰cm^۴, Iy = ۱۹۰cm^۴)$

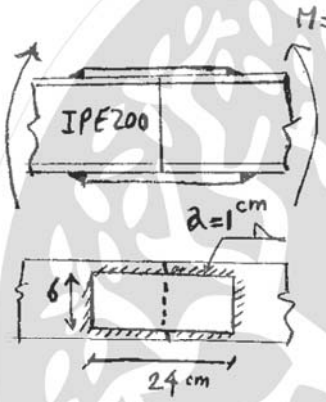
۱) ۸
۲) ۱۵٫۹
۳) ۱٫۹
۴) ۵

۱۰۸- در یک تیرآهن فولادی با مقطع I شکل، منحنی تغییرات لنگر خمشی حول محورهای y،x مطابق شکل زیر است. اگر در مقطع مورد نظر بین مدول مقطع حول محورهای y،x رابطهٔ $W_x = ۷٫۲W_y$ برقرار باشد و تنش مجاز خمشی حول محورهای y،x $F_{bx} = F_{by} = ۱۴۴۰ \frac{kg}{cm^۲}$ فرض شود، مدول مقطع W_x لازم، چند سانتی متر مکعب خواهد بود؟



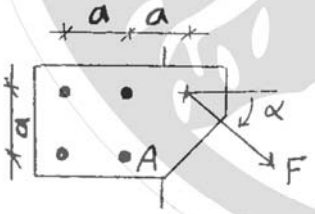
۱) ۹۰۰
۲) ۵۷۵
۳) ۱۱۵۰
۴) ۱۴۷۵

۱۰۹- شکل زیر، وصله‌ی دو تیر با نیم‌رخ IPE۲۰۰ را نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن خرابی جوش‌ها، حداکثر لنگر خمشی قابل انتقال بین دو نیمرخ چند تن متر است؟ جوش مورد استفاده گوشه و ارزش جوش را ۶۵۰a کیلوگرم بر سانتی‌متر در نظر بگیرید (a بعد جوش برابر با ۱ سانتی‌متر است.)



۱) ۵٫۸
۲) ۳٫۹
۳) ۱٫۹
۴) ۷٫۸

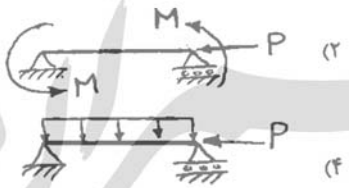
۱۱۰- در اتصال روبه‌رو ، اعمال نیروی F ،در کدام زاویه برای پیچ A بحرانی‌تر است؟



۱) ۹۰°
۲) ۴۵°
۳) ۰°
۴) ۱۳۵°

۱۱۱- برای طراحی یک تیرستون، در کدام گزینه، احتمالاً با بیش‌ترین آثار مرتبه‌ی دوم مواجه خواهیم بود؟ (Cm حداکثر خواهد بود.)

۱)

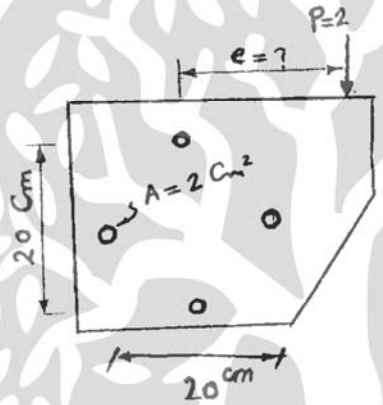
۲)


۳)

۴)

۱۱۲- در اتصال زیر، از چهار پیچ پر مقاومت با مساحت هر یک $A = ۲cm^۲$ و تنش مجاز برشی $۲۸۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$ استفاده شده است. حداکثر خروج از مرکزیت مجاز بار $P = ۲ton$، به کدام یک از گزینه‌های زیر بر حسب سانتی‌متر نزدیکتر است؟

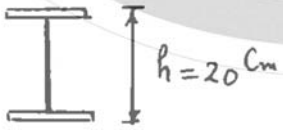
۱) ۱۰۰
۲) ۱۱۵
۳) ۱۳۰
۴) ۹۰

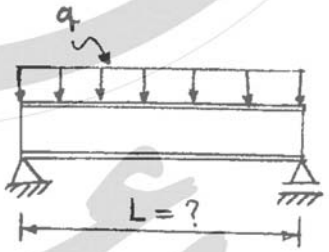


۱۱۳- اگر برای تیر سادهٔ زیر، از پروفیلی با مشخصات داده شده استفاده شود، به‌ازای چه طول L برای تیر، به‌جای خمش، برش تعیین کننده خواهد بود؟

$(F_b = ۰/۶F_y, F_v = ۰/۴F_y)$

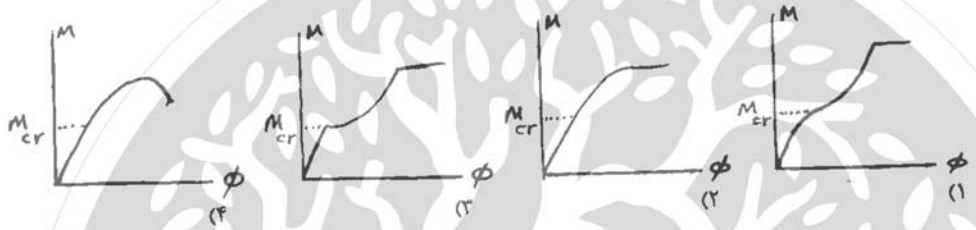
$$\begin{bmatrix} I = ۲۰۰۰cm^۴, & b_f = ۱۰cm & , A = ۳۰cm^۲ \\ h = ۲۰cm & , & t_w = ۰/۵cm \end{bmatrix}$$



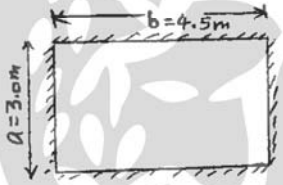


۱) کم‌تر از ۲۴۰ سانتی‌متر
۲) بیش‌تر از ۱۲۰ سانتی‌متر
۳) کم‌تر از ۱۲۰ سانتی‌متر
۴) بیش‌تر از ۲۴۰ سانتی‌متر

۱۱۴- کدام گزینه، تغییرات لنگر انحنای یک تیر بتنی از شروع بارگذاری را نشان می‌دهد؟

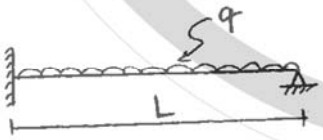


۱۱۵- ابعاد یک دال بتن آرمه‌ی مستطیلی نسبت ۱/۵ دارند. این دال در چهار لبه‌ی خود به صورت ساده تکیه دارد. اگر ضلع بزرگ این دال ۴/۵ m و بار واحد سطح دال $12\ \frac{kN}{m^2}$ باشد، حداکثر لنگر خمشی ایجاد شده‌ی مثبت در راستای دهانه‌ی کوچک‌تر، چند $\frac{kN.m}{m}$ است؟



۱) ۱۰
۲) ۸/۲۵
۳) ۵/۲۵
۴) ۱۱/۲۵

۱۱۶- تیر شکل زیر از بتن آرمه ساخته شده است. لنگر مقاوم مثبت و منفی مقاطع مختلف این تیر با هم مساوی و برابر $\frac{wL^2}{8}$ می‌باشد. با فرض شکل‌پذیری کامل تیر و عدم وجود محدودیتی برای باز توزیع لنگر، حداکثر بار قابل تحمل این سازه قبل از گسیختگی، چه مقداری است؟



۱) $q_u = 1/4w$
۲) $q_u = 1/3w$
۳) $q_u = 1w$
۴) $q_u = 1/5w$

۱۱۷- در مورد یک تیر بتن آرمه، گزینه‌ی صحیح کدام است؟

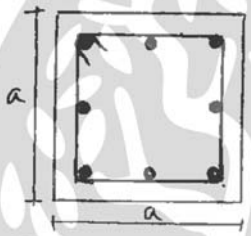
۱) در یک مقطع خمشی بتن آرمه با فولاد مضاعف، نسبت عمق تار خنثی به عمق تار خنثی در حالت بالانس، تقریباً برابر با نسبت $\rho - \rho'$ به ρ_b می‌باشد.

۲) در یک مقطع خمشی بتن آرمه با فولاد مضاعف، در صورتی که فولاد فشاری تسلیم شده باشد، حتماً فولاد کششی هم تسلیم شده است.

۳) در یک مقطع خمشی بتن آرمه با فولاد کششی تنها، همواره با افزایش مقدار فولاد، لنگر مقاوم افزایش می‌یابد.

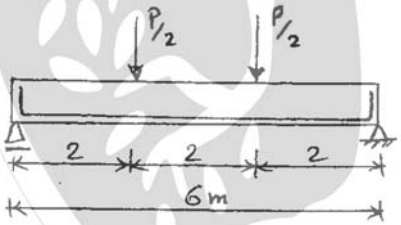
۴) در یک مقطع خمشی بتن آرمه با فولاد کششی تنها، که میزان فولاد کششی آن از فولاد بالانس کم‌تر است، با اضافه کردن فولاد فشاری، افزایش چشمگیری در لنگر مقاوم مقطع خواهیم داشت.

۱۱۸- در یک ستون بتن آرمه با مقطع زیر، حداکثر لنگر خمشی قابل تحمل در حالت خمش تک محوره $400\ kN.m$ می‌باشد. نیروی فشاری متناظر این حالت $800\ kN$ است. همچنین اگر نیروی $1000\ kN$ به مقطع وارد شود، حداکثر لنگر خمشی قابل تحمل $300\ kN.m$ خواهد بود. اگر بتوان ناحیه‌ی فشاری نمودار اندرکنش این ستون را به صورت یک خط مستقیم مدل کرد، حداکثر بار فشاری قابل تحمل توسط این ستون وقتی که $M_{ux} = M_{uy} = 200\ kN.m$ می‌باشد، چند کیلو نیوتن است؟ فولاد گذاری مقطع کاملاً متقارن است.



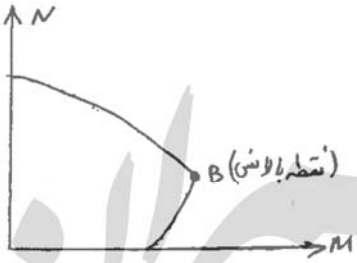
۱) ۹۲۰
۲) ۹۰۰
۳) ۸۶۰
۴) ۹۶۰

۱۱۹- تیر بتن آرمه‌ی نشان داده شده در شکل زیر، مفروض است. لنگر مقاوم مقطع در تمام طول تیر $600\ kN.m$ و مقاومت برشی حداقل تیر بدون فولاد برشی $V_c = 50\ kN$ است. برای افزایش مقاومت برشی تیر، دهانه‌های برش را تا حداکثر ممکن با خاموت برشی تقویت می‌کنیم. گزینه‌ی صحیح در این حالت، کدام است؟



۱) بار گسیختگی کل تیر از $100\ kN$ به $300\ kN$ افزایش پیدا می‌کند.
۲) بار گسیختگی کل تیر از $100\ kN$ به $500\ kN$ افزایش پیدا می‌کند.
۳) بار گسیختگی کل تیر از $100\ kN$ به $600\ kN$ افزایش پیدا می‌کند.
۴) بار گسیختگی کل تیر تفاوتی نمی‌کند، چون در وسط دهانه برش صفر بوده و خمش حاکم است.

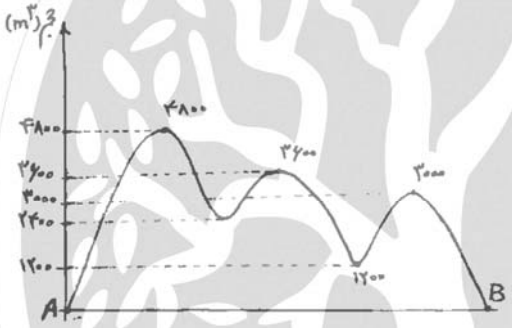
۱۲۰- نقطه‌ی گسیختگی مقطع یک ستون بتن آرمه در روی منحنی تداخلی بالای نقطه‌ی بالانس قرار دارد. ارتفاع ستون را افزایش می‌دهیم، تا به یک ستون لاغر تبدیل شود. اگر نیروی محوری و لنگر خمشی همزمان مقاوم مقطع را به ترتیب با N و M نشان دهیم، کدام یک از عبارات زیر درست است؟



۱) کوتاه N = لاغر N ، کوتاه M < لاغر M
۲) کوتاه N < لاغر N ، کوتاه M < لاغر M
۳) کوتاه N < لاغر N ، کوتاه M > لاغر M
۴) کوتاه N = لاغر N ، کوتاه M > لاغر M

۱۲۱- در مناطق زلزله‌خیز، نبایستی از تیرهای بتن آرمه‌ی عمیق همراه با ستون‌های با عرض کم استفاده کرد، چون در هنگام یک زلزله‌ی شدید:
۱) مفاصل خمیری در ستون‌ها تشکیل خواهد شد.
۲) خاموت‌های ستون‌ها دچار گسیختگی می‌شوند.
۳) آرماتورهای طولی ستون، جاری خواهند شد.
۴) مفاصل خمیری به تعداد زیاد تشکیل و سازه ناپایدار می‌شود.

۱۲۲- با توجه به منحنی بروکنر زیر، کل حجم خاکی که باید بین A و B جابه‌جا شود، چندمترمکعب است؟



۱) ۱۱۴۰۰
۲) ۷۸۰۰
۳) ۴۸۰۰
۴) ۱۲۶۰۰

۱۲۳- فاصلهٔ دید توقف ایمن (s برحسب متر)، با کدام رابطهٔ زیر قابل محاسبه است؟ با فرض این که سرعت v برحسب کیلومتر بر ساعت، زمان t برحسب ثانیه و f ضریب اصطکاک باشد.

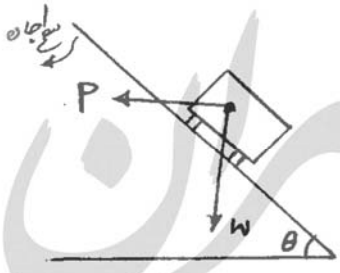
۱) $s = ۰/۳۷۸tv + \frac{v^۲}{۲۵۴f}$
۲) $s = ۰/۲۷۸tv + \frac{v^۲}{۲۷۴f}$
۳) $s = ۰/۲۷۸tv + \frac{v^۲}{۲۵۴f}$
۴) $s = ۰/۳۷۸tv + \frac{v^۲}{۲۷۴f}$

۱۲۴- زمان توصیه شده برحسب ثانیه برای رؤیت، ادراک و عکس‌العمل در محاسبهٔ فاصلهٔ دید توقف ایمن، برای شرایط برون شهری طبق آیین‌نامهٔ طرح هندسی راه‌های کشور، کدام است؟

۱) ۲/۵
۲) ۲/۰
۳) ۱/۵
۴) ۳/۰

۱۲۵- شکل زیر نیروهای وارد بر وسیلهٔ نقلیه را در یک قوس افقی نشان می‌دهد. نسبت $\frac{P}{W}$ کدام است؟

W: وزن وسیلهٔ نقلیه P: نیروی گریز از مرکز
f: ضریب اصطکاک جانبی چرخ وسیله نقلیه و سطح جاده



۱) $\frac{tg\theta + f}{۱ - f\,tg\theta}$
۲) $\frac{tg\theta - f}{۱ + f\,tg\theta}$
۳) $\frac{tg\theta - f}{۱ - f\,tg\theta}$
۴) $\frac{tg\theta + f}{۱ + f\,tg\theta}$

۱۲۶- در طرح مسیر افقی یک راه، از قوس دایره به شعاع ۲۸۰ متر استفاده شده است. چنانچه ۶۰ درصد نیروی گریز از مرکز در این راه توسط اصطکاک خنثی شود، مقدار بر بلندی (دِور) در این قوس، چند درصد باید اجرا شود؟ سرعت طرح در این راه ۹۰ کیلومتر در ساعت است.

۱) ۹ ۲) ۷
۳) ۶ ۴) ۱۰

۱۲۷- کدام گزینه، در مورد قوس‌های قائم صحیح است؟

۱) هر چه ارتفاع چراغ جلو وسایل نقلیه از سطح جاده بزرگ‌تر در نظر گرفته شود، طول قوس قائم محدب محاسبه شده کم‌تر می‌شود.
۲) طول قوس قائم محاسبه شده براساس معیار فاصلهٔ دید توقف بزرگ‌تر از طول محاسبه شده براساس معیار فاصلهٔ دید سبقت می‌باشد.
۳) پایین‌ترین و یا بالاترین نقطهٔ قوس قائم همواره در وسط قوس قائم می‌باشد.
۴) هر چه ارتفاع چشم راننده از سطح جاده بزرگ‌تر در نظر گرفته شود، طول قوس قائم محدب محاسبه شده کم‌تر می‌شود.

۱۲۸- در یک قوس قائم مقعر با شیب $G_1 = -4\%$ و $G_2 = +5\%$، مقدار E (فاصلهٔ خارجی قوس) برابر با ۱/۸ متر است. طول این قوس چند متر است؟

۱) ۱۵۰ ۲) ۲۰۰
۳) ۱۶۰ ۴) ۱۸۰

۱۲۹- کدام گزینه، در مورد مصالح لایهٔ اساس و زیراساس، صحیح است؟

۱) حداقل مقدار CBR مصالح لایهٔ زیراساس، از حداقل CBR مصالح لایهٔ اساس بیش‌تر است.
۲) حداکثر درصد سایش مصالح لایهٔ زیراساس، از حداکثر سایش مصالح لایهٔ اساس کم‌تر است.
۳) حداکثر نشانهٔ خمیری مصالح لایهٔ زیراساس، از حداکثر نشانهٔ خمیری مصالح لایهٔ اساس کم‌تر است.
۴) حداقل ارزش ماسه‌ای مصالح لایهٔ زیراساس، از حداقل ارزش ماسه‌ای مصالح لایهٔ اساس کم‌تر است.

۱۳۰- کدام گزینه در مورد اندود نفوذی و اندود سطحی، صحیح است؟

۱) از اندود سطحی بین لایهٔ مصالح سنگی و لایهٔ آسفالتی استفاده می‌شود.
۲) ویسکوزیتهٔ اندود نفوذی، از اندود سطحی کم‌تر است.
۳) اندود سطحی قبل از اندود نفوذی به کار می‌رود.
۴) مقدار استفادهٔ شده اندود نفوذی در واحد سطح روسازی از اندود سطحی کم‌تر است.

۱۳۱- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

۱) در نموگرام شِل، سختی مخلوط آسفالتی، تابعی از سختی قیر و درصد حجمی مصالح و درصد حجمی قیر است.
۲) سختی قیر در منحنی «ون در پول»، تابعی از زمان بارگذاری و میزان خاصیت انگمی قیر است.
۳) از منحنی «ون در پول»، برای طرح ضخامت روسازی آسفالتی استفاده می‌شود.
۴) با توجه به ریزتر بودن نسبی اندازهٔ ذرات، خاک بستر تشکیل شده از مصالح رسی از خاک بستر تشکیل شده از لای یا رس لای‌دار، حساسیت بیش‌تری در برابر یخبندان دارد.

۱۳۲- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

۱) هدف از انجام آزمایش لعاب نازک قیر، شبیه‌سازی پیرشدگی کوتاه مدت قیر ناشی از شرایط اختلاط و تراکم است.
۲) عمر خستگی روسازی آسفالتی، با مقدار کرنش کششی زیر لایه آسفالتی، نسبت مستقیم دارد.
۳) مقدار درجه نفوذ قیر ۸۵/۱۰۰ در دمای نقطهٔ نرمی، برابر ۸۰ است.
۴) معیارهای مهم در طراحی روسازی آسفالتی به روش آشتو عبارتند از ترک‌های ناشی از خستگی، تغییر شکل دائم روی خاک بستر، و ترک‌های ناشی از دمای پایین.

۱۳۳- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

۱) حساسیت دمایی قیرها، در محدوده دماهای اختلاط و تراکم، پدیدهٔ مطلوبی است.
۲) حساسیت دمایی قیرها، به درجه نفوذ قیر بستگی ندارد.
۳) حساسیت دمایی قیرها، به خاصیت انگمی قیر بستگی دارد.
۴) حساسیت دمایی قیرها، در محدوده دماهای بهره‌برداری از روسازی، پدیدهٔ مطلوبی است.

۱۳۴- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

۱) شاخص خدمت‌دهی روسازی (PSI)، تابعی از ناهمواری سطح و مساحت قسمت قیر زده است.
۲) عدد سازه‌ای روسازی (SN)، میانگین وزنی ضخامت لایه‌های روسازی با توجه به جنس لایه‌هاست.
۳) حداکثر هم‌ارز ماسه‌ای مصالح لایهٔ اساس برای راه‌های اصلی ۳۵ است.
۴) مصالح مناسب برای لایه‌های آسفالتی، مصالح با دانه‌بندی یکنواخت، تیزگوشگی در دو وجه و عدد سایش لوس آنجلس بیش‌تر از ۳۵ است.

۱۳۵- افزایش مقدار فیلر از ۶ درصد به ۱۰ درصد در یک مخلوط آسفالتی، باعث کدام یک از موارد زیر می‌شود؟

۱) کاهش تخلخل و کاهش مقاومت در برابر تراکم و افزایش استقامت

۲) افزایش تخلخل و کاهش مقاومت در برابر تراکم و کاهش استقامت

۳) افزایش مقاومت در برابر تراکم و کاهش استقامت

۴) کاهش تخلخل و افزایش مقاومت در برابر تراکم و افزایش استقامت

Serie Omran
سری عمران

زبان

٪۶۰

۱- (۲)

هنگامی که مقالهٔ دانش آموز را میخواندم گیج شدم، زیرا فاقد ..... بود. ابتدا درباره سفری به یک مزرعه گفته بود و سپس امتحان ریاضی‌اش را توضیح داده بود، (در حالیکه) قرار بود موضوع او درباره یک ساختمان برگزیده باشد.

۱) پشتکار - ایستادگی ۲) انسجام - پیوستگی ۳) تعادل ۴) استنباط – استنتاج

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، درس ۳، لغت ۱۸

۱۸- پیوستگی، انسجام

coherence

Syn: *consistency*

There was no ***coherence*** between the first and the second half of the film.

بین نیمه اول و دوم فیلم هیچگونه ***انسجامی*** وجود نداشت.

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۱۰ درس ۳

The points the author makes are fine, but the whole essay lacks ..... .

1) coherence 2) profile 3) route 4) solidarity

نکاتی که نویسنده به آن اشاره می‌کند خوب است اما کل مقاله فاقد <u>پیوستگی</u> می‌باشد.

۱) پیوستگی، انسجام ۲) نیمرخ

۳) مسیر، راه ۴) اتحاد

٪۵

۲- (۱)

اگر شما در پاییز اینجا باشید، خواهید دید که درخت بلوط در حال از دست دادن برگهایش است. اکثر درختان بلوط ..... میباشند، یعنی برگهایشان را در پاییز از دست میدهند.

۱) برگریز ۲) همزی ۳) تغییر ناپذیر ۴) نامتقارن

٪۵

۳- (۱)

هنگامی که من به ملاقات(او) رفتم، خوشامدگویی مارشا ..... بود. افراد معدودی به من گفته بودند که او اغلب سرد و غیر دوستانه است، اما من چنین برداشتی از او نکردم.

۱) دوستانه – صمیمی ۲) اجتناب ناپذیر ۳) بسیار گرسنه ۴) افسرده

٪۴۰

۴- (۴)

یکی از عرصه هایی که در آن خوشامدگویی ها بارز میگردد، ..... میباشد. برای مثال اینکه شخص زودتر سلام میکند و چگونه فردی مورد خوش‌آمدگویی قرار میگیرد، میتواند بخشی از سیستم لایه بندی در یک جامعه باشد.

۱) هیبت ۲) مرگ ۳) بازداری ۴) شان – مقام

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، لغت ۵۱ درس ۴

۵۱- شأن، مقام

status

The success of her book has given her unexpected celebrity ***status***.

موفقیت کتابش، شهرتی پیش‌بینی نشده برایش به همراه داشت.

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۲۹، درس ۴

In many countries, doctors have traditionally enjoyed high social ..... .

1) arena 2) status 3) circumstance 4) disposition

در بسیاری از کشورها، دکترها به شکل سنتی از <u>شأن</u> اجتماعی بالایی بهره‌مند گردیده‌اند.

۱) استادیوم ۲) شأن، مقام ۳) مقتضیات، شرایط ۴) تمایل، خلق و خو

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۱۹، درس ۵

The association works to promote the ..... of retired people as active and useful members of the community.

1) status 2) posture 3) standpoint 4) disclosure

انجمن می‌کوشد تا *شأن* افراد بازنشسته را مانند افراد فعال و مفید جامعه ارتقاء دهد.

۱) شأن، مقام ۲) طرز ایستادن یا قرار گرفتن، موضع
۳) نقطه‌نظر، دیدگاه ۴) افشاء

٪۳۰

۵- (۳)

کارگران خدمات اجتماعی به دلیل نادیده گرفتن تقاضای آن زن برای کمک، به شدت مورد ..... دادگاه قرار گرفتند.

۱) تغییر شکل دادن ۲) مجبور کردن ۳) سرزنش کردن - توبیخ کردن ۴) مجبور کردن

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، لغت ۱۰ درس ۱۲

۱۰- سرزنش کردن، توبیخ کردن **rebuke**

Syn: *reprimand , reprove , censure*
Members of the jury were sharply ***rebuked*** for speaking to the press.

اعضای هیئت منصفه برای صحبت با مطبوعات به شدت ***توبیخ شدند***.

٪۵

۶- (۲)

کیت با ..... از مهارت‌هایش، نباید مشکلی در پیدا کردن شغل داشته باشد.

۱) ضمیمه ۲) کارنامه ای (مجموعه ای) ۳) آغاز ۴) خبرگی – مهارت

٪۳۰

۷- (۴)

برای ..... به کسالتی که در زندگیم شکل گرفته بود، تصمیم گرفتم که برای یک سال در یک مزرعه زندگی کنم.

۱) نوسان کردن ۲) استخراج کردن ۳) حواس (کسی را) پرت کردن ۴) تسکین دادن

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، لغت ۲۴ درس ۱۲

۲۴- تسکین دادن **alleviate**

Syn: *lessen , assuage*
Heavy rains in March ***alleviated*** the drought conditions.

بارندگی سنگین در ماه مارس شرایط خشکسالی را ***تسکین داد***.

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۱۳ درس ۱۳

Heavy rains in March ..... the drought conditions.

1) alleviated 2) revealed 3) accelerated 4) envisioned

بارندگی‌های سنگین در ماه مارس، شرایط خشکسالی را *تسکین داد*.

۱) تسکین دادن ۲) نشان دادن، آشکار کردن
۳) شتاب دادن ۴) تصور کردن، انتظار داشتن

٪۵

۸- (۲)

ما باید معلمان کشورمان را ..... زیرا آنها عمده مسئولیت آموزش آینده (نسلهای آینده) را بر عهده دارند.

۱) (به صورت واژه) بیان کردن ۲) حمایت کردن – تبرئه کردن ۳) تکریم کردن ۴) تایید کردن

توجه: در صورتیکه حرف d در انتهای گزینه سوم ایراد تایپی باشد، این گزینه میتواند پاسخ بهتری برای این تست باشد.

٪۷۰

۹- (۱)

دوقلوهای با سن .....، در دوره پرورش نسبت به متغیرهای محیطی در مقایسه با خواهر و برادرها بهتر تطابق پیدا می‌کنند.

۱) یکسان - مساوی ۲) ناپایدار ۳) مجاور ۴) سازگار

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، لغت ۲۷ درس ۲

۲۷- یکسان، مشابه

identical

The two rooms were virtually ***identical***.

اتاق‌ها (۲ اتاق) تقریباً ***مشابه*** بودند.

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۶ درس ۱

Roman coins that she showed me were ..... to the one I had found in the garden.

1) crucial 2) specific 3) adjacent 4) identical

سکه‌های رومی که او به من نشان داد با آن که در باغ پیدا کردم <u>یکسان</u> بود.

۱) حیاتی، بسیار مهم ۲) مشخص ۳) همجوار ۴) یکسان

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۱۶ درس ۲

The interests of both parties may not be ....., but they do overlap considerably.

1) explicit 2) vital 3) adequate 4) identical

علاقه‌های دو حزب ممکن است که با یکدیگر <u>یکسان</u> نباشد اما آنها اشتراکات قابل توجهی دارند.

۱) واضح، آشکار ۲) حیاتی، ضروری ۳) کافی ۴) یکسان

٪۷۰

۱۰- (۳)

ویژگی اصلی مثبت ۱۲۳ برای ویندوز (سیستم عامل) ..... آن با تمامی نسخه های قبلی این محصول میباشد.

۱) تمایز – ناهمخوانی ۲) بی طرفی ۳) سازگاری ۴) وضوح

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، لغت ۱۶ درس ۱

۱۶- سازگار

compatible

Such policies are not ***compatible*** with democratic government.

چنین سیاست‌هایی با یک حکومت دموکراتیک ***سازگار*** نیستند.

٪۴۰

۱۱- (۳)

- در ابتدا به جمله‌ای که در آن جای خالی قرار گرفته دقت کنید:

The conclusion from such experiments ..... stimulation gives the animals pleasure.

توجه کنید که در جمله فعل give و در گزینه ها فعل is قرار دارد، و برای ارتباط این دو فعل نیاز به ضمیر موصولی داریم بنابراین تنها گزینه ۳ میتواند صحیح باشد. مهندسان عزیز دقت کنید که برای ارتباط دو جمله نیاز به ضمیر موصولی داریم، لذا گزینهٔ (۱) و (۲) فاقد ضمیر موصولی و نادرست می‌باشند. در صورت انتخاب ضمیر موصولی whose دیگر دو فعل در جمله قرار ندارد (در نتیجه بحث استفاده از ضمیر موصولی را در این جمله غیر ضروری می‌کند) و این گزینه نیز نمیتواند پاسخ صحیحی باشد.

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، نکته کاربردی ۱ از مهارت دوم فصل اول

نکته کاربردی ۱: همانطور که در مهارت اول نیز بیان شد زمانی نیاز به ضمیر موصولی داریم که بخواهیم دو جمله را به یکدیگر ارتباط دهیم. بنابراین شما باید در تست‌ها توجه کنید، در صورتی که دو جمله (همراه با دو فعل) داشتیم، نیاز به یک ضمیر موصولی مناسب در جمله خواهیم داشت. جهت درک بیشتر به مثال‌های زیر توجه کنید:

The man who **came** by bus ***teaches*** English.

مردی که با اتوبوس آمد، انگلیسی درس می‌دهد.

تست ۵، صفحه ۱۴، فصل اول گرامر

Health is clearly an important concern ..... both individuals and the planet as a whole.

1) affects 2) it affects 3) that affects 4) that it affects

پاسخ: سلامتی به وضوح عامل مهمی است که هم افراد و هم کل کره زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

توجه کنید که در این تست دو جمله با دو فعل *is* و *affect* وجود دارد که به یکدیگر متصل شده‌اند. بنابراین نیاز به یک ضمیر موصولی برای ارتباط آنها داریم و گزینهٔ (۱) و (۲) فاقد ضمیر موصولی و نادرست می‌باشند. (نکته ۱)

دقت کنید که ضمیر موصولی دو جملهٔ زیر را به هم ارتباط می‌دهد.

1- Health is an important concern.
(Health: فاعل، is: فعل)

2- Health affects both individuals and the planet as a whole.
(Health: فاعل، affects: فعل)

Health در دو جمله نقش فاعلی دارد بنابراین برای جایگزینی یکی از آنها با ضمیر موصولی و ارتباط دو جمله، *that* نقش فاعلی دارد و بلافاصله بعد آن فعل قرار می‌گیرد و گزینهٔ (۳) صحیح می‌باشد.

شایان ذکر است در صورتی که گزینهٔ (۴) را انتخاب کنید، برای ارتباط دو جمله از دو ضمیر *that* و *it* که به اسم *Health* اشاره دارد، استفاده کرده‌اید که نادرست است.

توجه: کلیهٔ تست‌های مطرح شده در مهارت (۲) فصل اول کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد) مشابه با این تست می‌باشند.

۱۲- (۴) ٪۵

این تست را از دو طریق میتوانید پاسخ دهید:

- حذف گزینه:

دقت کنید که گزینه ۱ و ۳ هر دو ضمیر موصولی مکان هستند و بنابراین در صورت انتخاب یکی، گزینه دیگر نیز صحیح میشود، پس این دو گزینه نادرست هستند(به خاطر دارید که از این نکته برای پاسخ به تست ۲۵ در صفحه ۲۷ کتاب نیز استفاده کردیم).

در گزینه ۲ استفاده از فاعل they نادرست است به این دلیل که جمله در رابطه با یک مکان در مغز صحبت میکند و باید از فاعلی که مشخص کننده مکان است، استفاده شود(در این جا ضمیر موصولی نقش مفعولی دارد که کلا ساختار نادرستی است). بنابراین گزینه ۴ صحیح است.

- دقت کنید که جمله اول یک جمله مستقل است:

One important centre is in the septal region.

و در جمله دوم نیز در رابطه با One important centre صحبت کرده، پس نیازی به ربط دو جمله با ضمیر موصولی نمیباشد و تنها گزینه ۴ می‌تواند صحیح باشد. دقت کنید که در این سوال دو جمله مستقل از یکدیگر وجود دارد که با حرف ربط and به یکدیگر متصل شده اند.

با استفاده از ایده‌های مطرح شده برای پاسخ به دو تست زیر می‌توانستید با حذف گزینه به پاسخ صحیح برسید.

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۲۵ ، صفحه ۲۷

The streams formed in all possible ways join to form rivers ..... they are the tributaries.

1) that 2) of which 3) in that 4) which

پاسخ: جریان‌هایی که در مسیرهای مختلف تشکیل شده‌اند به یکدیگر می‌پیوندند تا رودخانه‌هایی را تشکیل دهند که خودشان (جریان‌ها) شاخه‌های فرعی آنها (رودخانه‌ها) می‌باشند.

در گزینه‌ها عبارت *of which* قرار دارد بنابراین باید بررسی کنیم که آیا ترکیب اضافی قبل از اتصال دو جمله وجود داشته است یا خیر.

The streams formed in all possible ways joint to form ***rivers.***
They are the tributaries of ***rivers.***
(the tributaries of rivers: ترکیب اضافی)

بنابراین با توجه به وجود ترکیب اضافی برای اتصال دو جمله باید از *of which* استفاده کرد و گزینهٔ (۲) صحیح است.

تذکر: در صورتی که نتوانستید این ترکیب اضافی را تشخیص دهید، می‌توانید از استدلال‌های زیر که در بسیاری از تست‌ها جهت رسیدن به پاسخ صحیح به شما کمک می‌کند، استفاده کنید.

در ابتدا دقت کنید که قبل از *that* نمی‌تواند حرف اضافه قرار گیرد و گزینهٔ (۳) نادرست است، حال به گزینهٔ (۱)، (۴) و قبل و بعد از جای‌خالی توجه کنید.

rivers ..... *they are the* .....
(rivers: اسم غیر جاندار، they are the: فعل + فاعل)
which و *that*

در صورتی‌که در این تست نیاز به ضمیر موصولی بدون حرف اضافه داشتیم، چون قبل از جای‌خالی اسم غیر جاندار است هر دو ضمیر موصولی *that* و *which* می‌توانستند پاسخ تست باشند اما یک تست نمی‌تواند دو پاسخ صحیح داشته باشد، بنابراین هر دو گزینهٔ (۱) و (۴) نادرست است و گزینهٔ (۲) پاسخ صحیح است.

داوطلبان گرامی توجه کنید، در تست‌هایی که هر دو گزینهٔ *which* و *that* وجود دارد و اسم قبل از آنها غیرجاندار است و قبل از جای‌خالی کاملا قرار ندارد، می‌توانید با توجه به این نکته تعدادی از گزینه‌ها را حذف کنید.

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۲۸ ، صفحه ۲۸

In the industrialized nations and affluent regions in the developing world, refrigerator ..... to store foodstuffs at low temperatures.

1) is used 2) that used 3) which is used 4) that is used

پاسخ: در کشورهای صنعتی شده و مناطق مرفه در دنیای در حال توسعه، از یخچال برای نگهداری مواد غذایی در دمای پائین استفاده می‌شود.

در ابتدا به قبل و بعد از جای خالی توجه کنید.

refrigerator ..... to store foodstuffs at low temperatures.

در این جمله فعلی وجود ندارد و تنها فعل آن در گزینه‌ها می‌باشد، بنابراین نیاز به ضمیر موصولی نداریم و گزینهٔ (۱) صحیح است.

تذکر: جهت بررسی آنکه نیاز به ضمیر موصولی داریم یا نه، باید در تست‌ها در ابتدا دو جمله به همراه دو فعل را مشخص کنید.

٪۱۰

۱۳- (۱)

توجه کنید که استفاده از فعل are در دو گزینه آخر نادرست است و در این جا نیاز به یک قید داریم. Either در نقش قید برای جملات منفی جایگزین also و too میگردد و با توجه به مثبت بودن این جمله گزینه ۱ صحیح است.

٪۳۰

۱۴- (۲)

به کل جمله‌ای که این جای خالی در آن قرار دارد، دقت کنید:

when the septal region is stimulated in conscious patients ..... neurosurgery, they experience feelings of pleasure, optimism, euphoria, and happiness.

با توجه به وجود فعل is و undergo نیاز به ضمیر موصولی داریم. با در نظر گرفتن اینکه در گزینه ها یک فعل واحد به چهار شکل پیشنهاد شده است، بنابراین تست فوق از مبحث حذف ضمایر موصولی میباشد و تنها گزینه ۲ میتواند صحیح باشد. به خاطر دارید که در مبحث حذف ضمایر موصولی تنها فرم (فعل+ing) و یا P.P میتواند صحیح باشد و در این تست به علت عدم وجود گزینهundergone نیازی به تشخیص معلوم و مجهول بودن فعل نیست و undergoing صحیح است.

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، جمع‌بندی مهارت سوم از فصل اول، صفحه ۲۱

تکنیک حل تست مهارت سوم:

شما در سؤالات این قسمت در کنکور کارشناسی ارشد با تستی مواجه هستید که یک فعل واحد را در چهار شکل به شما پیشنهاد کرده‌اند که از بین این چهار گزینه حتماً یکی به شکل (*ing* + فعل) و یا (قسمت سوم فعل) نوشته شده است. حال برای پاسخ به این گونه سؤالات:

۱- در ابتدا توجه کنید که دو جمله با دو فعل وجود دارد و نیاز به ضمیر موصولی داریم یا نه (در مهارت دوم به طور کامل با این موضوع آشنا شدیم).

۲- حال با توجه به معلوم و مجهول بودن فعل جمله قبل از حذف، یکی از دو گزینهٔ *ing* + فعل و یا قسمت سوم فعل می‌تواند پاسخ تست باشد.

در صورتی‌که فعل قبل از حذف معلوم باشد ⇒ [*ing* + فعل]

در صورتی‌که فعل قبل از حذف مجهول باشد ⇒ [قسمت سوم فعل] (*p.p.* یا *being p.p.*)

تست ۱۹، صفحه ۲۲

1- Activities ..... companionship and a new interest can help.

1) that giving 2) give 3) giving 4) which given

پاسخ: فعالیت‌هایی که همراهی (مصاحبت) و علاقه جدید ایجاد کنند، می‌توانند مؤثر باشند (کمک کنند).

با توجه به وجود دو جمله به همراه دو فعل *give* و *can*، نیاز به یک ضمیر موصولی داریم در گزینه‌های (۱) و (۴) پس از ضمیر موصولی اسم مصدر (*ing* + فعل) و قسمت سوم فعل (*p.p*) قرار دارد که نمی‌تواند جایگزین فعل اصلی در جمله شود بنابراین این دو گزینه نادرست است (داوطلبانی که با مفاهیم مربوط به فعل مانند مصدر، اسم مصدر، فعل اصلی و ... ناآشنا هستند می‌توانند برای تسلط بر آنها به مهارت (۵) فصل دوم رجوع کنند). در گزینه‌های (۲) و (۳) ضمیر موصولی دیده نمی‌شود بنابراین حتماً ضمیر موصولی حذف شده است که تنها گزینه (۳) با ساختار (*ing* + فعل) می‌تواند صحیح باشد.

Activities which are giving companionship and a new interest can help.
giving

توجه: کلیهٔ تست‌های مطرح شده در مهارت ۳ فصل اول کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد) مشابه با این تست می‌باشد.

٪۵۰

۱۵- (۲)

با توجه به وجود تضاد در جمله و ویرگول بعد از جای خالی، گزینه ۲ صحیح است.

همچنین بخشهایی از مغز به وضوح باعث اضطراب موشها در زمانی که به صورت الکتریکی تحریک میشوند، میگردند، این مناطق، مراکز آزار دهنده نامیده میشوند. .... وجود مراکز آزاردهنده نسبت به reward centres با اطمینان کمتری میباشد.

تضاد (اگرچه)

کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد)، تست ۳۱ ، صفحهٔ ۱۱۹

Unfortunately, ….(31)…., they were wiped out by disease. This species is now extinct but could have been saved by the cloning technology we have today.

1) although 2) despite 3) however 4) hence

۳۱- با توجه به کلمات ربط قیدی متفاوت در گزینه‌ها باید نوع ارتباط بین دو جمله را تشخیص دهیم.

برای یک برنامه تولید مثل جمع‌آوری شدند ..... به وسیلهٔ یک بیماری از بین رفتند.

تضاد (اگرچه)

با توجه به کلمه ربط تضاد و ویرگول گزینهٔ (۳) صحیح است.

توجه: در حدود ۱۰ سؤال مشابه دیگر از مبحث ارتباط دهنده‌های جمله *connectors* در مهارت پنجم از فصل (۳) کتاب زبان عمومی (سری عمومی ارشد) بررسی شده است.

بخش درک مطلب:

متن اول:

در سال ۱۸۸۹ از برج ایفل در بازار جهانی پاریس رونمایی گردید، علیرغم بحث های اولیه در خصوص جذابیت ظاهری (مربوط به زیبایی سازه) آن، طی مدت کوتاهی تبدیل به نماد شهر و سمبل پیشرفت تکنیکی گردید. بیش از صد سال بعد، در بازیهای المپیک ۲۰۰۸ پکن، چین از شاهکار معماری خودش رونمایی کرد که مانند برج ایفل یک ابر پروژه فولادی بود. استادیوم ملی پکن که غالبا آن را به نام لانه پرنده میشناسند ۵ سال طول کشید تا تکمیل گردد و از ۴۲۰۰۰ تن فولاد ساخته شد که آن را تبدیل به بزرگترین سازه فولادی در جهان کرد.

با طول ۳۳۰ متر، عرض ۲۲۰ متر و ارتفاع ۶۹/۲ متر، طراحی استادیوم لانه پرنده بر مبنای ۲۴ ستون خرپایی هر یک به وزن ۱۰۰۰ تن میباشد. هنگامی که در سال ۲۰۰۵ ساخت پوسته فولادی بیرونی استادیوم آغاز شد، به علت وزن ستونها، هیچ جرثقیلی قادر به بلند کردن آنها نبود. درنتیجه، ستونها در تکه هایی (مجزا) به پکن منتقل شدند و در موقعیت مورد نظر نصب گردیدند. وقتی که هر ۲۴ ستون در موقعیت قرار گرفتند، تیرهای کوچکتر میان آنها جوش داده شدند تا سختی بیشتری به سازه ببخشند و ظاهر منحصر به فرد، بیضوی شکل و بطور اریب هاشور خورده آن را بهبود بخشند. در نهایت مجموعه سوم تیرها اضافه شد تا بخش شفاف، (همان) پوسته پلیمری را که پوشش بین تیرهای فولادی را تامین می‌کند، نگه دارند.

سه ماه تحقیق منجر به تولید فولادی جدید با محتوای پایین فسفر و سولفور گردید (میزان فسفر و سولفور در آهن جدید کاهش یافته بوده.) که آن را Q35 نامیدند. Q35 فولادی با سختی بالاست که قادر به تحمل تنشهایی تا ۳۵۰۰۰۰۰۰ پاسکال میباشد. این امر میتواند در ساخت ۲۴ ستون خرپایی که هر کدامشان ۳۰۰ متر طول داشتند و انتظار میرفت که ۱۱۲۰۰ تن بار را تحمل نمایند، تعیین کننده باشد. با این همه، فولادهای با مقاومت بالا مشکلات خاص خودشان را نیز طی ساخت داشتند، مثلا اینکه غالبا در موقعیتهای مخاطره آمیز و مرتفع به دماهای بالاتری برای جوشکاری نیاز داشتند. علاوه بر این، جوشکاری صرفا در دمای ۱۵ -۱۶ درجه سانتی گراد قابل انجام بود که به این معنا بود که کارگران مجبور بودند در ساعات عصر جوشکاری کنند. در آگوست سال ۲۰۰۶ بیش از ۴۰۰ جوشکار سه شب کار کردند تا ۳۲۰ کیلومتر درز جوش مورد نیاز برای نصب قاب فولادی شمایلی و مشبک استادیوم را جوش دهند.

در سپتامبر ۲۰۰۶ به نظر میرسید که سازه قادر است که روی پای خودش بایستد و ۷۸ پایه نگهدارنده در مقابل تیمهای مضطرب طراحی و ساخت یک به یک برداشته شدند و کل سازه برای ایستادن روی پای خودش رها گردید. مانند برج ایفل، لانه کبوتر نیز بدون نقد نبوده است خصوصا برای سبک و ظاهر غیر سنتی اش. با این حال لانه کبوتر تبدیل به سمبلی تکان دهنده از چین مدرن و توانمندی مهندسی بشر گردیده است.

٪۷۰

۱۶- (۲)

نقش اصلی سازه ای ستونها در استادیوم چیست؟

۱) تحمل بارهای ثقلی ۲) تحمل بارها در زمان ساخت ۳) تحمل بار باد ۴) تحمل بار زلزله در زمان ساخت

پاسخ: به اولین جمله از پاراگراف آخر توجه کنید:

"در سپتامبر ۲۰۰۶ به نظر میرسید که سازه قادر است که روی پای خودش بایستد و ۷۸ پایه نگهدارنده در مقابل تیمهای مضطرب طراحی و ساخت یک به یک برداشته شد و کل سازه برای ایستادن روی پای خودش رها گردید."

در واقع نقش پایه نگهدارنده، کمک به پایداری سازه و تحمل بارهای مختلف در زمان ساخت آن بوده است.

۱۷- (۴) ٪۷۰

مطابق متن، کدام گزینه صحیح میباشد؟

۱) افزایش میزان سولفور باعث کاهش شکل پذیری فولاد میگردد
۲) افزایش میزان فسفر باعث افزایش شکل پذیری فولاد میگردد
۳) افزایش میزان سولفور باعث افزایش سختی فولاد میگردد
۴) افزایش میزان فسفر باعث کاهش سختی فولاد میگردد

پاسخ: به اولین جمله از پاراگراف سوم توجه کنید:

"سه ماه تحقیق منجر به تولید فولادی جدید با محتوای پایین فسفر و سولفور گردید (میزان فسفر و سولفور در آهن جدید کاهش یافته بوده.) که آن را Q35 نامیدند. Q35 فولادی با سختی بالاست که قادر به تحمل تنشهایی تا ۳۵۰۰۰۰۰۰ پاسکال میباشد."

بنابراین کاهش میزان فسفر و سولفور باعث افزایش سختی فولاد میگردد. میتوان اینگونه نتیجه گرفت که افزایش هر یک از این عناصر باعث کاهش سختی فولاد میگردد. بنابراین گزینه ۴ صحیح میباشد.

۱۸- (۱) ٪۴۰

وزن تیرها و سقف های استادیوم بازیهای المپیک پکن چقدر است؟

۱) ۱۸۰۰۰ تن
۲) ۴۲۰۰۰ تن
۳) ۲۴۰۰۰ تن
۴) ۶۶۰۰۰ تن

پاسخ: در آخرین خط از پاراگراف اول اشاره شده است که کل وزن فولاد در سازه مورد نظر ۴۲۰۰۰ تن میباشد. همچنین در پاراگراف دوم ذکر شده که این سازه دارای ۲۴ ستون هریک به وزن ۱۰۰۰ تن میباشد. بنابراین وزن تیرها و سقف ها، از کم کردن وزن ستونها از وزن کل سازه بدست می آید.

$$۴۲۰۰۰-(۲۴\times۱۰۰۰)=۱۸۰۰۰$$

۱۹- (۱) ٪۸۰

کدامیک بزرگترین سازه فولادی در جهان میباشد.

۱) لانه کبوتر
۲) بازار جهانی پاریس
۳) برج ایفل
۴) پل سانفرانسیسکو

پاسخ: پاسخ این تست به وضوح در آخرین جمله از پاراگراف اول آمده است.

۲۰- (۴) ٪۵۰

اصلی ترین چالش قبل از اینکه برج ایفل ساخته شود چه بود؟

۱) آسانسور سازه
۲) اندازه سازه
۳) پایداری سازه
۴) زیبایی سازه

پاسخ: به اولین جمله از پاراگراف اول متن توجه کنید:

در سال ۱۸۸۹ از برج ایفل در بازار جهانی پاریس رونمایی گردید، علیرغم بحث های اولیه در خصوص جذابیت ظاهری (مربوط به زیبایی سازه) آن، طی مدت کوتاهی تبدیل به .....

متن دوم:

انتخاب مدلهای پیش بینی حرکت زمین و تعیین سهم وزنی هر یک از آنها جهت تخصیص، یک مولفه اساسی از تحلیل خطر زلزله میباشد. نشان داده شد که عدم قطعیت مرتبط با انتخاب مدل میرایی بیش از سایر جنبه های مدلسازی لرزه ای بر روی نتایج خطر تاثیر میگذارد. با این عدم قطعیت شناختی غالبا بوسیله یک رویکرد نظر کارشناسی و در قالب یک چهارچوب درخت منطقی برخورد میگردد. وزن‌های شاخه‌ای در چهار چوب درخت منطقی متناظر با درجه اعتقاد متخصصان به مدلهای مختلف پیش بینی میباشد. هرچند که به نظر ساده میرسد، رویکرد درخت منطقی ابزاری چالش بر انگیز برای غلبه بر این عدم قطعیت میباشد. بسیاری از متخصصان بر این باورند که هر تلاشی برای تخصیص اعداد به درجات باور یک اشتباه استراتژیک است. از نقطه نظری دیگر، اشاره شده است که به دلیل انتخاب غیر رسمی مدلهای شاخه و وزن آنها، مشکلات بالقوه در ساخت و استفاده از درختهای منطقی انتظاری معقول است. علاوه بر این ملاحظات عمومی، فقدان متخصصین بومی مجرب مانعی مضاعف برای استفاده از درختهای منطقی در مناطقی نظیر ایران است.

٪۳۰
۲۱- (۳)
مطابق متن، کدام گزاره صحیح است؟
۱) صرفا یک مدل میرایی میتواند برای تحلیل خطر زلزله مورد استفاده قرار بگیرد
۲) تحلیل خطر زلزله وابسته به مدل میرایی نمیباشد
۳) امکان استفاده از مدلهای میرایی در تحلیل خطر زلزله وجود دارد
۴) مدل میرایی وابسته به ویژگیهای خطر زلزله نمیباشد

٪۵۰
۲۲- (۲)
چه نوعی از عدم قطعیت در انتخاب مدل میرایی وجود دارد؟
۱) عدم قطعیت شانسی ۲) عدم قطعیت شناختی ۳) عدم قطعیت تصادفی ۴) بدون عدم قطعیت
پاسخ: پاسخ این سوال در ابتدای خط چهارم مورد اشاره قرار گرفته است.

٪۵۰
۲۳- (۱)
واژه pitfall چه معنایی دارد؟
۱) مشکل ۲) درخت منطقی ۳) عدم قطعیت ۴) خطر زلزله

٪۷۰
۲۴- (۳)
چالش اصلی استفاده از درخت منطقی برای تحلیل خطر زلزله در ایران کدام است؟
۱) فقدان مدلهای میرایی ۲) فقدان حرکات زمین ۳) فقدان متخصصین ۴) فقدان دانش درباره عدم قطعیت
پاسخ: به آخرین جمله متن توجه کنید:
the absence of domestic experienced experts is additional impediment with the use of logic trees in regions such as Iran.
تذکر: با توجه به کلمهٔ *additional* در این جمله نمی‌توان با صراحت گفت اصلی‌ترین چالش فقدان متخصصین است. اما با در نظر گرفتن اینکه صورت سؤال چالش استفاده از درخت منطقی را برای ایران مطرح کرده است. بهترین گزینه (۳) است.

٪۵۰
۲۵- (۱)
واژه impediment در این متن به چه معنایی می‌باشد؟
۱) مشکل ۲) تحلیل عدم قطعیت ۲)تحلیل درخت منطق ۴) متخصصین بومی باتجربه

٪۸۰
۲۶- (۲)
مصالح ساخت و ساز که به احتمال زیاد به طور فراوان در سازه های بنایی (غیر مسلح) یافت میشود، ..... میباشد.
۱) فولاد ۲) آجر ۳) آلومینیوم ۴) بتن مسلح

٪۹۰
۲۷- (۲)
خزش خصوصیتی از بتن است که به واسطه آن بتن به تغییر شکل تحت بارهای ..... ادامه میدهد.
۱) مناسب ۲) پایدار (مداوم) ۳) معلق ۴) اساسی

٪۹۰
۲۸- (۴)
یک پدیده شکست که مرتبط با تنش دوره ای میباشد، معروف است به:
۱) سخت شدگی کرنشی ۲) مفصل پلاستیک ۳) شکست نرم ۴) خستگی

٪۸۰
۲۹- (۳)
تنش هایی که در اثر خمش سرد و راست کردن، سرد کردن بعد از نورد یا بوسیله جوشکاری ایجاد میگردند، ..... نامیده میشوند.
۱) تنشهای تسلیم ۲) تنشهای نهایی ۳) تنشهای پسماند ۴) تنش های بار بهره برداری

٪۷۰
۳۰- (۴)
شخصی که میتواند بین شن و ماسه با بازرسی بصری ..... .
۱) حل کردن – تصمیم گرفتن ۲) تعیین کردن ۳) تحمل کردن ۴) تمایز قائل شدن
توجه: شکل صحیح گزینه چهارم بصورت differentiate میباشد که متاسفانه در دفترچه سوالات دارای ایراد املایی میباشد.

ریاضیات

۳۱- (۲) ٪۳۵

با استفاده از ایدهٔ تعریف مشتق صورت سؤال را به فرم زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$f(x+y)=f(x)-f(y)+x^{۲}y+xy^{۲}$$

$$f(x+y)-f(x)=-f(y)+x^{۲}y+xy^{۲}$$

طرفین را به y تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{f(x+y)-f(x)}{y}=-\frac{f(y)}{y}+x^{۲}+xy$$

حال از طرفین حد $\lim_{y\to ۰}$ می‌گیریم:

$$\underbrace{\lim_{y\to ۰}\frac{f(x+y)-f(x)}{y}}_{f'(x)}=\underbrace{\lim_{y\to ۰}-\frac{f(y)}{y}}_{-۱}+\underbrace{\lim_{y\to ۰}(x^{۲}+xy)}_{x^{۲}}$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$f'(x)=x^{۲}-۱$$

و در نهایت حاصل $\sum_{k=۱۱}^{۱۷} f'(k)$ برابر است با:

$$\text{جواب}=\sum_{k=۱۱}^{۱۷} f'(k)=\sum_{k=۱۱}^{۱۷} k^{۲}-۱=\sum_{k=۱۱}^{۱۷} k^{۲}-\sum_{k=۱۱}^{۱۷} ۱=۱۱^{۲}+۱۲^{۲}+\cdots+۱۷^{۲}-۶=۱۳۹۳$$

۳۲- (۱) ٪۷۰

حد موردنظر را به‌صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$\text{حد}=\lim_{n\to\infty}\sum_{k=۱}^{n}(۱+\frac{k}{n})^{\frac{k}{n^{۲}}}$$

حال با استفاده از مجموع ریمان حد فوق را محاسبه می‌کنیم:

گام اول: تشخیص جملهٔ عمومی:

$$(۱+\frac{k}{n})^{\frac{k}{n^{۲}}}=e^{\frac{k}{n^{۲}}\ln(۱+\frac{k}{n})}$$

توان : $a_n=\frac{k}{n^{۲}}\ln(۱+\frac{k}{n})$

گام دوم: ضرب جملهٔ عمومی در n :

$$na_n=\frac{k}{n}\ln(۱+\frac{k}{n})$$

گام سوم: تشخیص $f(c_k)$:

$$c_k=\frac{k}{n}\Rightarrow f(c_k)=c_k\ln(۱+c_k)\Rightarrow f(x)=x\ln(۱+x)$$

گام چهارم: محاسبهٔ $\int_{۰}^{۱} f(x)dx$

$$\int_{۰}^{۱} f(x)dx=\int_{۰}^{۱} x\ln(۱+x)dx$$

و نهایتاً انتگرال فوق را با روش جز به جز حل می‌کنیم:

$$u=\ln(۱+x)\Rightarrow du=\frac{dx}{۱+x}$$

$$dv = x\,dx \Rightarrow v = \frac{x^2}{2}$$

$$\int_0^1 x\ln(1+x)\,dx = \frac{x^2}{2}\ln(1+x)\Big|_0^1 - \frac{1}{2}\int_0^1 \frac{x^2-1+1}{1+x}\,dx = \frac{1}{2}\ln 2 - \frac{1}{2}\int_0^1 (x-1+\frac{1}{1+x})dx = \frac{1}{2}\ln 2 - \frac{1}{2}(\frac{x^2}{2}-x+\ln(1+x))\Big|_0^1$$

$$= \frac{1}{2}\ln 2 - \frac{1}{2}(\frac{1}{2}-1+\ln 2) = \frac{1}{4} \Rightarrow \text{توان}$$

بنابراین جواب حد برابر $e^{\frac{1}{4}}$ یا $\sqrt[4]{e}$ است.

۳۳- (۳) ٪۵۵

انتگرال را به‌صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$\text{انتگرال} = \int_0^1 \frac{\ln(x+1)-\ln(x+2)}{(x+3)^2}dx = \int_0^1 \underbrace{(\ln(x+2)-\ln(x+1))}_{u}.\underbrace{\frac{-dx}{(x+3)^2}}_{dv}$$

$$\begin{cases} du = \frac{dx}{x+2} - \frac{dx}{x+1} \\ v = \frac{1}{x+3} \end{cases}$$

$$\overset{\text{روش جز به جز}}{=\!=} \frac{\ln(x+2)-\ln(x+1)}{x+3}\Big|_0^1 - \int_0^1 \frac{1}{x+3}(\frac{1}{x+2}-\frac{1}{x+1})dx$$

$$= (\frac{\ln 3}{4}-\frac{\ln 2}{4}) - (\frac{\ln 2}{3}) - \int_0^1 (\frac{1}{(x+3)(x+2)} - \frac{1}{(x+3)(x+1)})dx$$

حال در انتگرال دوم با کمک تجزیهٔ کسر داریم:

$$= \frac{1}{4}\ln 3 - \frac{7}{12}\ln 2 - \int_0^1 \frac{1}{x+2} + \frac{-\frac{1}{2}}{x+1} + \frac{-\frac{1}{2}}{x+3}\,dx = \frac{1}{4}\ln 3 - \frac{7}{12}\ln 2 - (\ln(x+2) - \frac{1}{2}\ln(x+1) - \frac{1}{2}\ln(x+3))\Big|_0^1$$

$$= \frac{1}{4}\ln 3 - \frac{7}{12}\ln 2 - (\ln 3 - \frac{1}{2}\ln 2 - \underbrace{\frac{1}{2}\ln 4}_{\ln 2} - \ln 2 + \cancel{\frac{1}{2}\ln 1}^{\,0} + \frac{1}{2}\ln 3)$$

$$= \underbrace{(\frac{1}{4}-1-\frac{1}{2})}_{-\frac{5}{4}}\ln 3 + \underbrace{(-\frac{7}{12}+\frac{1}{2}+1+1)}_{\frac{23}{12}}\ln 2 = -\frac{5}{4}\ln 3 + \frac{23}{12}\ln 2$$

۳۴- (۴) ٪۷۰

اگر x_1 و x_2 دو ریشهٔ معادلهٔ درجهٔ دوم ax^2+bx+c باشند، داریم:

$$x_1+x_2 = -\frac{b}{a}\ ,\ x_1x_2 = \frac{c}{a}$$

پس می‌توان نوشت:

$$x^2+2x+3=0$$
$$\begin{cases} x_1+x_2 = -2 \\ x_1x_2 = 3 \end{cases}$$

حال $(x_1^{91}+x_2^{91})$ را در (x_1+x_2) ضرب می‌کنیم:

$$\underbrace{(x_1^{91}+x_2^{91})}_{B}\underbrace{(x_1+x_2)}_{-2} = \underbrace{(x_1^{92}+x_2^{92})}_{C} + \underbrace{x_1x_2}_{3}\underbrace{(x_1^{90}+x_2^{90})}_{A}$$

$$-2B = C+3A \Rightarrow C = -3A-2B$$

۳۵- (۱) ٪۳۵

با توجه به گزینه‌ها فقط کافی است همگرایی سری را در نقاط $x=1$ و $x=-1$ بررسی کنیم:

الف) $x=1$: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{1+\frac{1}{2}+\cdots+\frac{1}{n}} > \sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}$ ← واگرا

بنا به آزمون مقایسه، نتیجه می‌گیریم سری در $x=1$ واگرا است.

ب) $x=-1$: $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{1+\frac{1}{2}+\cdots+\frac{1}{n}} = \sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n a_n$

$a_n = \frac{1}{1+\frac{1}{2}+\cdots+\frac{1}{n}}$ ، مثبت و نزولی

$\lim_{n\to\infty}\frac{1}{1+\frac{1}{2}+\cdots+\frac{1}{n}} = \frac{1}{\infty} = 0$ همگرا به صفر

بنا بر آزمون سری متناوب، سری در $x=-1$ همگراست.

بنابراین بازهٔ همگرایی این سری توانی برابر $[-1,1)$ است.

۳۶- (۱) ٪۸۰

چون حول x دوران کرده است، x را ثابت نگه داشته و جای y را با $\sqrt{y^2+z^2}$ عوض می‌کنیم، معادلهٔ رویهٔ حاصل از دوران برابر است با:

$$\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}=1 \xrightarrow{\text{دوران حول محور } x\text{ها}} \frac{x^2}{9}-\frac{(\sqrt{y^2+z^2})^2}{4}=1$$

$$\frac{x^2}{9}-\frac{y^2}{4}-\frac{z^2}{4}=1$$

۳۷- (۲) ٪۳۵

با توجه به تغییر متغیرهای زیر داریم:

$y=\alpha$ ، $\beta=xy$

$$u_x=\frac{\partial u}{\partial x}=\frac{\partial u}{\partial \alpha}\cdot\frac{\partial \alpha}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial \beta}\cdot\frac{\partial \beta}{\partial x}=y u_\beta \Rightarrow u_x=yu_\beta \qquad (I)$$

یکبار دیگر از رابطهٔ (I) نسبت به x مشتق می‌گیریم:

$$u_{xx}=0\times u_\beta + y\left(\frac{\partial u_\beta}{\partial \alpha}\cdot\frac{\partial \alpha}{\partial x}+\frac{\partial u_\beta}{\partial \beta}\cdot\frac{\partial \beta}{\partial x}\right) \Rightarrow u_{xx}=y^2 u_{\beta\beta} \qquad (II)$$

حال از رابطهٔ (I) نسبت به y مشتق می‌گیریم:

$$u_x=yu_\beta \xrightarrow{\text{مشتق نسبت به } y} u_{xy}=1\times u_\beta + y\left(\frac{\partial u_\beta}{\partial \alpha}\cdot\frac{\partial \alpha}{\partial y}+\frac{\partial u_\beta}{\partial \beta}\cdot\frac{\partial \beta}{\partial y}\right)$$

$$u_{xy}=u_\beta + yu_{\beta\alpha} + xy\,u_{\beta\beta}$$

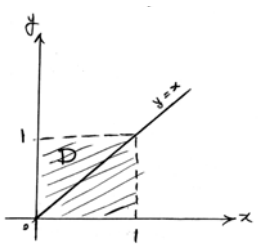
پس عبارت داده شده برابر است با:

$$xu_{xx}-yu_{xy}+u_x = xy^2u_{\beta\beta}-yu_\beta-y^2u_{\beta\alpha}-xy^2u_{\beta\beta}+yu_\beta=0$$

$$\Rightarrow -y^2u_{\beta\alpha}=0 \xrightarrow{y=\alpha} -\alpha^2u_{\beta\alpha}=0 \xrightarrow{\alpha\neq 0} u_{\beta\alpha}=0 \quad \text{یا} \quad u_{\alpha\beta}=0$$

۳۸- (۳) ٪۱۵

انتگرال صورت سؤال را به‌صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:



$$\iint_D \frac{\min\{x,y\}}{1+\max\{x,y\}}\,dx\,dy = \int_0^1 \Big(\underbrace{\int_0^y \frac{\min\{x,y\}}{1+\max\{x,y\}}\,dx}_{0<x<y \Rightarrow \begin{cases}\min\{x,y\}=x\\ \max\{x,y\}=y\end{cases}} + \underbrace{\int_y^1 \frac{\min\{x,y\}}{1+\max\{x,y\}}\,dx}_{y<x<1 \Rightarrow \begin{cases}\min\{x,y\}=y\\ \max\{x,y\}=x\end{cases}}\Big)\,dy$$

$$= \int_0^1 \Big(\int_0^y \frac{x}{1+y}\,dx + \int_y^1 \frac{y}{1+x}\,dx\Big)\,dy = \int_0^1 \Big(\frac{x^2}{2(1+y)}\Big|_0^y + y\ln(1+x)\Big|_y^1\Big)dy$$

$$= \int_0^1 \Big(\frac{y^2}{2(1+y)} + y\ln 2 - y\ln(1+y)\Big)dy = \Big(\frac{y^2}{2}\ln 2 - \frac{y^2}{2}\ln(1+y)\Big)\Big|_0^1 + \int_0^1 \frac{y^2\,dy}{1+y}$$

$$= \int_0^1 \frac{(y^2-1+1)\,dy}{1+y} = \int_0^1 \Big(y-1+\frac{1}{1+y}\Big)dy = \Big(\frac{y^2}{2} - y + \ln(1+y)\Big)\Big|_0^1 = \frac{1}{2} - 1 + \ln 2 = \ln 2 - \frac{1}{2}$$

۳۹- (۱) ٪۲۰

انتگرال خط را با استفاده از تعریف حل می کنیم:

ابتدا معادله را پارامتری می‌کنیم:

$$\alpha(t):\begin{cases} x = \cos t \\ y = b\sin t \end{cases} \qquad \pi < t < 0$$

$$\int_C F.dR = \int_\pi^0 \underbrace{(-3b^2\sin^2 t + 2\ ,\ 16\cos t)}_{f(\alpha(t))}.\underbrace{(-\sin t\ ,b\cos t)\,dt}_{\alpha'(t)} = \int_\pi^0 (-3b^2\sin^3 t - 2\sin t + 16b\cos^2 t)\,dt$$

$$= -3b^2\int_\pi^0 \sin t\,(1-\cos^2 t)\,dt - 2\int_\pi^0 \sin t\,dt + 16b\int_\pi^0 \frac{1+\cos 2t}{2}\,dt$$

$$= 3b^2\cos t\Big|_\pi^0 - b^2\cos^3 t\Big|_\pi^0 + 2\cos t\Big|_\pi^0 + 16b\Big(\frac{1}{2}t + \frac{1}{4}\sin 2t\Big)\Big|_\pi^0$$

$$= 6b^2 - 2b^2 + 4 - 8b\pi = 0 \Rightarrow 4b^2 - 8b\pi + 4 = 0$$

حال برای آنکه مقدار مینیمم را بیابیم، مشتق را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$$\xrightarrow{\text{مشتق}} 8b - 8\pi = 0 \Rightarrow b = \pi$$

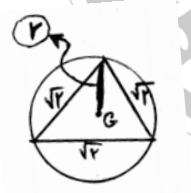
۴۰- (۲) ٪۱۰

با توجه به قضیه استوکس می‌توان نوشت:

$$\oint_C z\,dx + x\,dy + y\,dz = \iint_S curl\,f\,.\,n\,ds$$

$$f = (z,x,y) \Rightarrow curl\ f = (1,1,1)$$

s سطح محدود به c در فضای xyz است، شکل را ببینید:



$$g: x + y + z - 1 = 0$$

$$n = \pm\frac{\nabla g}{|\nabla g|} = -\frac{(1,1,1)}{\sqrt{3}}$$

$$\iint curl\ f\,.n\ ds = \iint -\frac{3}{\sqrt{3}}\,ds = -\sqrt{3}\iint ds = -\sqrt{3}\times \text{مساحت دایره} \quad , \quad r = \frac{2}{3}\times \text{ارتفاع}$$

$$r=\frac{۲}{۳}\times\sqrt{\frac{۳}{۲}}=\sqrt{\frac{۲}{۳}}$$

$$-\sqrt{۳}\times\text{مساحت دایره}=-\sqrt{۳}\times\pi\times(\sqrt{\frac{۲}{۳}})^{۲}=-\frac{۲\pi}{\sqrt{۳}}=-\frac{۲\pi\sqrt{۳}}{۳}\xrightarrow[\text{در یک منفی ضرب می‌کنیم}]{\text{در جهت ساعتگرد}}\frac{+۲\pi\sqrt{۳}}{۳}$$

(۴) -۴۱ ٪۸۰

معادلهٔ $(\sqrt{x+y})dx=dy$ را با تغییر متغیر $u=x+y$ به‌صورت زیر می‌نویسیم:

$$u=x+y\Rightarrow du=dx+dy\Rightarrow dy=du-dx$$

$$\sqrt{u}\,dx=du-dx\Rightarrow(۱+\sqrt{u})dx=du\Rightarrow dx=\frac{du}{۱+\sqrt{u}}$$ تفکیک‌پذیر

$$\xrightarrow{\text{از طرفین انتگرال می‌گیریم}}x=\int\frac{du}{۱+\sqrt{u}}$$

برای حل انتگرال از تغییر متغیر $u=z^{۲}$ استفاده می‌کنیم:

$$u=z^{۲}\Rightarrow du=۲z\,dz$$

$$x=\int\frac{۲z\,dz}{۱+z}=۲\int\frac{z+۱-۱}{z+۱}dz$$

$$x=۲\big(z-\ln(۱+z)\big)+k\Rightarrow\frac{x}{۲}-z+\ln(۱+z)=c$$

و نهایتاً با جایگذاری $z=\sqrt{x+y}$ داریم:

$$\sqrt{x+y}-\ln(۱+\sqrt{x+y})-\frac{۱}{۲}x=c$$

(۲) -۴۲ ٪۲۰

با استفاده از روش کاهش مرتبه داریم:

$$u=y'$$

$$xu'+۲u-e^{-x^{۲}}=۰\xrightarrow{u'=\frac{du}{dx}}\underbrace{(۲u-e^{-x^{۲}})}_{M}dx+\underbrace{x}_{N}du=۰$$

پس فاکتور انتگرال برابر است با:

$$\begin{cases}\frac{\partial M}{\partial u}=۲\\ \frac{\partial N}{\partial x}=۱\end{cases}\Rightarrow\frac{\frac{\partial M}{\partial u}-\frac{\partial N}{\partial x}}{N}=\frac{۲-۱}{x}=\frac{۱}{x}=f(x)$$

$$\mu(x)=e^{\int f(x)dx}=e^{\int\frac{۱}{x}dx}=x$$

$$\xrightarrow{\times x}(۲ux-xe^{-x^{۲}})dx+x^{۲}du=۰\overset{\text{کامل}}{\Rightarrow}x^{۲}u+\frac{۱}{۲}e^{-x^{۲}}=c\xrightarrow{y'(۱)=۲\ ,\ u(۱)=۲}۲+\frac{۱}{۲}e^{-۱}=c$$

$$\Rightarrow x^{۲}u+\frac{۱}{۲}e^{-x^{۲}}=۲+\frac{۱}{۲e}$$ جواب معادله

$$\xrightarrow{x=۱}u(-۱)+\frac{۱}{۲}e^{-۱}=۲+\frac{۱}{۲e}\Rightarrow u(-۱)=۲\xrightarrow{u=y'}y'(-۱)=۲$$

۴۳- (۳) ٪۲۰

روش اول: می‌دانیم اگر y_1 یک جواب معادله $y''+P(x)y'+q(x)y=0$ باشد، جواب دیگر آن به‌صورت $y_2=y_1.\int \frac{e^{-\int P(x)dx}}{y_1^2}dx$ است، پس داریم:

$$xy''-(x+n)y'+ny=0 \Rightarrow \underbrace{y''-(1+\frac{n}{x})y'}_{P(x)}+\frac{n}{x}y=0$$

$$\Rightarrow \int P(x)dx=-\int(1+\frac{n}{x})dx=-(x+n\ln x)$$

$$\Rightarrow \int \frac{e^{-\int P(x)dx}}{y_1^2}dx=\int \frac{x^n e^x}{e^{2x}}dx=\int x^n.e^{-x}dx$$

$$\xrightarrow{\text{جز به جز}} -(x^n e^{-x}+nx^{n-1}e^{-x}+n(n-1)x^{n-2}e^{-x}+\cdots+n!e^{-x})$$

$$\Rightarrow y_2=y_1.\int \frac{e^{-\int P(x)dx}}{y_1^2}dx$$

$$y_2=e^x.[-(x^n e^{-x}+\ldots+n!e^{-x})]=-(x^n+nx^{n-1}+\cdots+n!)=-\sum_{k=0}^{n}\frac{n!x^k}{k!}$$

و از آنجاکه معادله همگن است، واضح است که اگر y_2 یک جواب معادله باشد، آنگاه $-\frac{1}{n!}y_2$ نیز جواب معادله است. پس می‌توان نوشت:

$$-\frac{1}{n!}y_2=\sum_{k=0}^{n}\frac{x^k}{k!}$$

روش دوم: با در نظر گرفتن $n=1$ با مشتق‌گیری و جایگذاری گزینه‌ها در معادلهٔ موردنظر، به سادگی می‌توان دریافت که گزینهٔ (۳) صحیح است.

۴۴- (۳) ٪۶۰

معادلهٔ انتگرالی را به‌صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$f(t)=te^{-t}+\int_0^t f(t-x)xe^{-x}dx$$

با توجه به تعریف کانولوشن داریم:

$$\xrightarrow{\text{کانولوشن}} \Rightarrow f(t)=te^{-t}+f(t)*(te^{-t})$$

حال از طرفین لاپلاس می‌گیریم:

$$\xrightarrow{L} L(f(t))=L(te^{-t})+L(f(t)).L(te^{-t})$$

$$L(te^{-t})=-\frac{d}{ds}L(e^{-t})=-\frac{d}{ds}(\frac{1}{s+1})=\frac{1}{(s+1)^2}$$

$$L(f(t))=\frac{1}{(s+1)^2}+\frac{1}{(s+1)^2}L(f(t))$$

$$L(f(t))(1-\frac{1}{(s+1)^2})=\frac{1}{(s+1)^2}$$

$$\Rightarrow L(f(t))=\frac{1}{s^2+2s}=\frac{1}{s(s+2)}=\frac{1}{2}(\frac{1}{s}-\frac{1}{s+2})$$

و در نهایت بر طرفین رابطهٔ فوق معکوس تبدیل لاپلاس را اعمال می‌کنیم:

$$\xrightarrow{L^{-1}} f(t)=\frac{1}{2}(1-e^{-2t})$$

(۱) -۴۵ ٪۹۰

می‌دانیم در نقاط تکین منظم اگر جواب معادله برابر r_1 و r_2 شود و $r_1 > r_2$ باشد، بطوریکه اختلاف آنها عدد صحیح شود $(r_1 - r_2 \in \mathbb{Z})$، دو جواب به‌صورت زیر است:

$$y_1 = x^{r_1} \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^n \quad \Leftarrow \quad r_1 \text{ جواب متناظر}$$

$$y_2 = \alpha y_1 \ln x + x^{r_2} \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n \quad \Leftarrow \quad r_2 \text{ جواب متناظر}$$

$$y_2 = \alpha \left(x^{r_1} \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n\right) \ln x + x^{r_2} \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$$

پس همانطور که مشاهده مالی کنید جواب متناظر با ریشهٔ کوچکتر (یعنی y_2) هر دو جواب را در خود دارد.

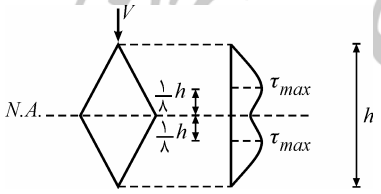
تحلیل سازه‌ها و مقاومت مصالح

(۳) -۴۶ ٪۹۰

در لوزی در فواصل $\frac{h}{8}$ از محور خنثی تنش برشی ماکزیمم مقدار می‌باشد.

این سؤال عیناً نکتهٔ ۳ صفحه ۴۸۱ کتاب مقاومت سری عمران است.

ثابت می‌شود که در یک مقطع لوزی شکل، تنش برشی ماکزیمم در فاصلهٔ $\frac{1}{8}h$ در بالا و پایین محور خنثی رخ داده و توزیع آن در هر طرف محور خنثی، به‌صورت سهمی شکل بوده و ضریب K برابر $\frac{9}{8}$ می‌باشد.



$$\text{لوزی}: \tau_{max} = \frac{9}{8}\frac{V}{A}$$

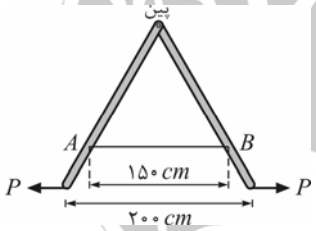
(۴) -۴۷ ٪۹۰

$$\Delta L = \frac{FL}{AE} \Rightarrow E = \frac{FL}{A\,\Delta L} = \frac{(30\times10^3)\times100}{300\times5} = \frac{10^4}{5} = 2000\ N/mm^2$$

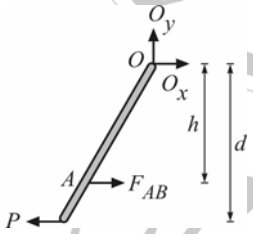
این سؤال عددگذاری داخل فرمول است که ساده شده تست ۷۱ صفحهٔ ۱۷۵ مقاومت سری عمران است.

سطح مقطع کابل AB، ۱/۵ سانتی‌متر مربع و مدول الاستیسیتهٔ آن $10\times10^4\ kg/cm^2$ می‌باشد.
چنانچه تغییر طول آن ۲ میلی‌متر باشد، نیروی P بر حسب کیلوگرم کدام است؟

۱) ۸۵ ۲) ۱۵۰
۳) ۲۱۰ ۴) ۳۰۰



با بررسی نمودار جسم آزاد یکی از اعضای قاب و روابط تشابه داریم:



$$\frac{d}{200} = \frac{h}{150} \Rightarrow \frac{h}{d} = \frac{3}{4}$$

$$\sum M_O = 0 \Rightarrow P\times d = F_{AB}\times h \Rightarrow P = F_{AB}\times\frac{3}{4}$$

$$\Delta L_{AB} = \frac{F_{AB}L}{AE} = 2\ mm \Rightarrow F_{AB} = \frac{AE}{L}\Delta L_{AB} = \frac{1/5\times10\times10^4}{150}\times0/2 = 200\ kg$$

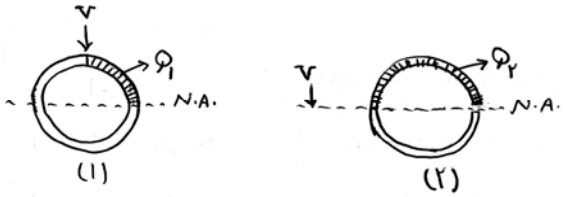
$$\Rightarrow P = F_{AB}\times\frac{3}{4} = 200\times\frac{3}{4} = 150\ kg$$

۴۸- (۲)

٪۶۰

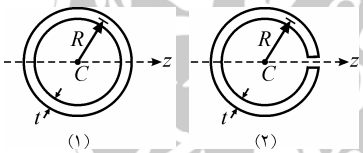
با فرض اینکه در هر دو حالت نیروی برشی در مرکز برش مقاطع اعمال شده است داریم:

$$\tau_{1max}=\frac{VQ_1}{It}\ ,\ \tau_{2max}=\frac{VQ_2}{It}\Rightarrow\frac{\tau_{1max}}{\tau_{2max}}=\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{Q_1}{2Q_1}=\frac{1}{2}$$



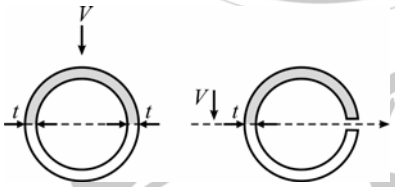
این سؤال عیناً تست ۴۵ صفحه ۵۱۹ کتاب سری عمران است.

نیروی برشی قائم V در مرکز برش دو مقطع (۱) و (۲) وارد می‌شود. شکل (۱) لوله‌ای بسته و شکل (۲) لوله‌ای است که روی محور z، جدار آن به هم چسبیده نیست. نسبت تنش برشی ماکزیمم در شکل (۱)، به تنش برشی ماکزیمم در شکل (۲) کدام است؟



۱) ۲ ۲) ۱ ۳) $\frac{1}{2}$ ۴) $\frac{1}{4}$

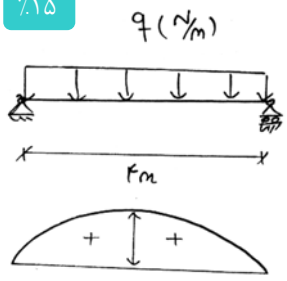
با توجه به اثر کردن نیروی برشی در مرکز برش، در هر دو مقطع تنش برشی ماکزیمم در محل برخورد مقطع با محور خنثی به وجود می‌آید و داریم:



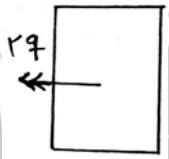
$$\begin{cases}\tau_1=\dfrac{VQ}{I(2t)}\\ \tau_2=\dfrac{VQ}{It}\end{cases}\Rightarrow\tau_1=\frac{1}{2}\tau_2$$

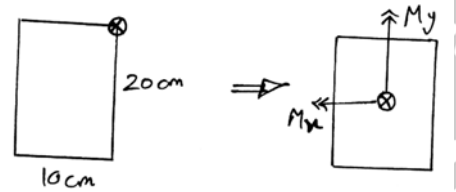
۴۹- (۴)

٪۱۵

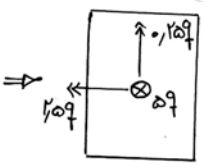


$$M_{max}=\frac{q(4)^2}{8}=2q\ N.m$$





$$M_x=5q\times0/1=0/5q\ N.m$$
$$M_y=5q\times0/05=0/25q\ N.m$$



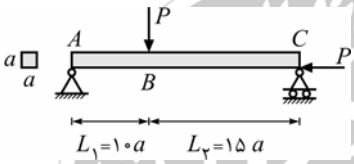
لنگرهای خمشی کل

$$\sigma_{max}=\sigma^{c}_{max}=\frac{P}{A}+\frac{M_x}{S_x}+\frac{M_y}{S_y}=\frac{۵q}{۰/۱\times۰/۲}+\frac{۲/۵q}{\frac{۰/۱\times۰/۲^{۲}}{۶}}+\frac{۰/۲۵q}{\frac{۰/۲\times۰/۱^{۲}}{۶}}=\frac{۵۰۰q}{۲}+\frac{۱۵۰۰۰q}{۴}+\frac{۱۵۰۰q}{۲}=۲۵۰\times۱۰^{۶}$$

$$(۲۵۰+۳۷۵۰+۷۵۰)q=۲۵۰\times۱۰^{۶}\ \Rightarrow\ ۴۷۵۰q=۲۵۰\times۱۰^{۶}\ \Rightarrow\ q=۵۲۶۳۱\ N/m$$

این سؤال مشابه تست ۲۹ صفحه ۵۷۳ کتاب مقاومت سری عمران است.

تنش برشی ماکزیمم در محل بار متمرکز P در نقطهٔ B و در سطح زیرین تیر چقدر است؟ (نیروی فشاری P در تکیه‌گاه C، در وسط وجه پایینی مقطع اعمال می‌شود)



۱) $۱۶\frac{P}{a^{۲}}$
۲) $۱۷/۵\frac{P}{a^{۲}}$
۳) $۱۹\frac{P}{a^{۲}}$
۴) صفر

برای بررسی تنش برشی ماکزیمم، ابتدا مقدار لنگر در B را محاسبه می‌کنیم:

$$\sum M_A=۰\ \Rightarrow\ R_C\times(L_1+L_2)-PL_1=۰\ \Rightarrow\ R_C=\frac{PL_1}{L_1+L_2}=\frac{P\times۱۰a}{۱۰a+۱۵a}=\frac{۲}{۵}P$$

$$M_{B_1}=R_C\times L_2=\frac{۲}{۵}P\times۱۵a=۶Pa$$

با انتقال نیروی محوری فشاری P به مرکز سطح مقطع مربعی، نتیجه می‌شود که مقطع تحت اثر لنگر منفی $\frac{Pa}{۲}$ قرار دارد و داریم:

$$M_{B_2}=P\times\frac{a}{۲}=\frac{Pa}{۲}\ ,\ M_B=M_{B_1}-M_{B_2}=۶Pa-\frac{Pa}{۲}=\frac{۱۱Pa}{۲}$$

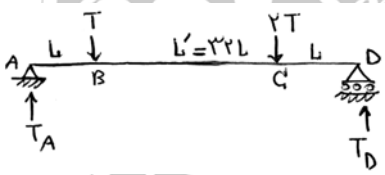
$$\sigma_B=\frac{M_B}{S}-\frac{P}{A}=\frac{\frac{۱۱Pa}{۲}}{\frac{a^{۳}}{۶}}-\frac{P}{a^{۲}}=\frac{۳۳P}{a^{۲}}-\frac{P}{a^{۲}}=\frac{۳۲P}{a^{۲}}$$

$$(\tau_B)_{max}=\frac{۱}{۲}\sigma_B=\frac{۱}{۲}\times\frac{۳۲P}{a^{۲}}=\frac{۱۶P}{a^{۲}}$$

٪۶۰

(۱) -۵۰

از روش مدلسازی با تیر برای محاسبه عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی در تکیه‌گاههای A و D استفاده می‌کنیم. تیر داده شده غیر منشوری است و ما می‌دانیم که در روش مدلسازی با تیر نبایستی سختی پیچشی اجزاء مختلف مقطع تیر $(\frac{GJ}{L})$ تغییر کند. اگر شعاع تیر معادل برابر $۴R$ فرض شود طول قسمتهای AB و CD که شعاعشان همان $۴R$ است تغییر نمی‌کند و L باقی می‌ماند ولی طول قسمت میانی BC که شعاعش برابر $۲R$ است، بایستی اصلاح شود. چنانچه طول معادل BC برابر L' فرض شود، داریم:



$$\frac{G\times\frac{۱}{۲}\pi(۲R)^{۴}}{۲L}=\frac{G\times\frac{۱}{۲}\pi(۴R)^{۴}}{L'}\ \Rightarrow\ L'=۳۲L$$

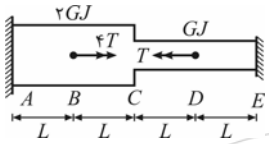
$$\sum M_A=۰\ \Rightarrow\ T_D\times۳۴L-T\times L-۲T\times۳۳L=۰$$

$$\Rightarrow\ T_D=\frac{۶۷}{۳۴}T\ ,\ T_A=۳T-T_D=\frac{۳۵}{۳۴}T$$

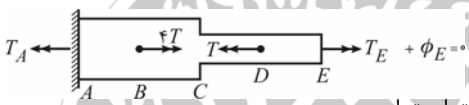
تذکر: بدون حل این تست می‌توان جواب را از روی گزینه‌ها پیدا کرد. با توجه به تقارن سازه و همچنین بزرگتر بودن لنگر اعمالی در گره C نسبت به لنگر گره B، انتظار می‌رود لنگر تکیه‌گاه D بزرگتر باشد که تنها در گزینه اول این مسأله رعایت شده است. لازم به ذکر است که لنگرهای ارائه شده در گزینه دوم، تعادل لنگر پیچشی را برای عضو برقرار نمی‌کند!

این سؤال مشابه تمرین ۳-۲۲ صفحه ۲۶۹ و تست ۶۸ صفحهٔ ۲۹۵ کتاب مقاومت مصالح سری عمران است.

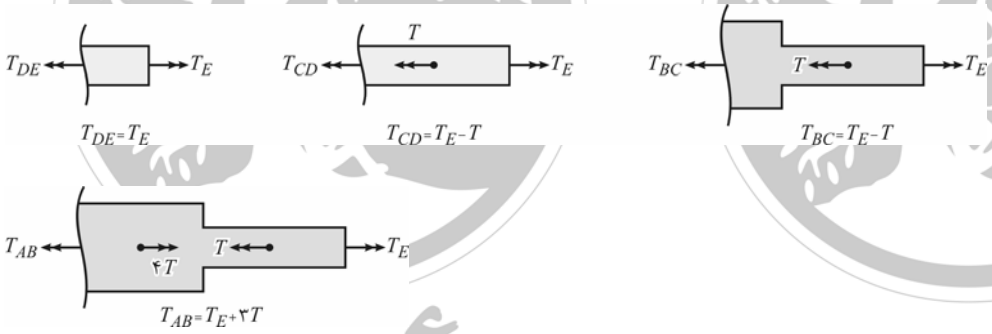
در سازهٔ نامعین مقابل، لنگرهای ایجاد شده در تکیه‌گاه‌های A و E را به‌دست آورید.



حل: سازهٔ فوق یک درجه نامعین بوده و با حذف تکیه‌گاه E، می‌توان سازهٔ زیر را به همراه معادلهٔ سازگاری $\phi_E = ۰$ بررسی کرد:



با استفاده از نمودار جسم آزاد هر یک از قسمت‌ها، لنگر پیچشی داخلی در هر یک از آنها عبارت است از:



$$T_{DE}=T_E \;,\; T_{CD}=T_E-T \;,\; T_{BC}=T_E-T \;,\; T_{AB}=T_E-T+۴T=T_E+۳T$$

$$\phi_E=\phi_A+\phi_{B/A}+\phi_{C/B}+\phi_{D/C}+\phi_{E/D} \;,\; \phi_A=۰$$

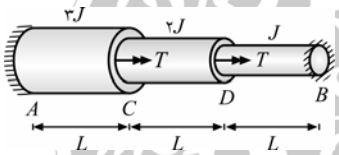
$$\phi_E=\frac{T_{AB}\times L_{AB}}{(GJ)_{AB}}+\frac{T_{BC}L_{BC}}{(GJ)_{BC}}+\frac{T_{CD}L_{CD}}{(GJ)_{CD}}+\frac{T_{DE}L_{DE}}{(GJ)_{DE}}$$

$$\phi_E=\frac{(T_E+۳T)\times L}{۲GJ}+\frac{(T_E-T)\times L}{۲GJ}+\frac{(T_E-T)\times L}{GJ}+\frac{(T_E)\times L}{GJ}$$

$$\phi_E=۰ \Rightarrow T_E=۰ \;,\; T_A=۴T-T=۳T$$

با به‌دست آوردن مقادیر T_A و T_E، سازه تحلیل شده و زاویهٔ پیچش در همهٔ نقاط آن قابل محاسبه است.

عضو شکل مقابل با مقطع دایره‌ای پله‌ای تحت اثر دو لنگر پیچشی T در نقاط C و D قرار گرفته است. نقاط A و B به صورت گیردار می‌باشند. مطلوبست عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی نقاط A و B.



۱) $T_A=\frac{۵}{۷}T \;,\; T_B=\frac{۹}{۷}T$

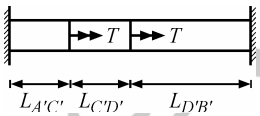
۲) $T_A=\frac{۹}{۷}T \;,\; T_B=\frac{۵}{۷}T$

۳) $T_A=\frac{۷}{۱۱}T \;,\; T_B=\frac{۱۵}{۱۱}T$

۴) $T_A=\frac{۱۵}{۱۱}T \;,\; T_B=\frac{۷}{۱۱}T$

مطابق روش مدلسازی با تیر اصلاح شده، مشابه توضیحات ارائه شده در تست شماره ۶۴، با در نظر گرفتن صلبیت پیچشی قسمت DB به عنوان صلبیت پیچشی مبنا، خواهیم داشت:

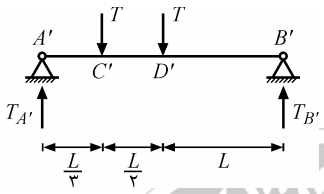
$$k_{AC}=k_{A'C'} \Rightarrow \frac{۳GJ}{L_{AC}}=\frac{GJ}{L_{A'C'}} \Rightarrow L_{A'C'}=\frac{L_{AC}}{۳}$$



$$k_{CD}=k_{C'D'} \Rightarrow \frac{۲GJ}{L_{CD}}=\frac{GJ}{L_{C'D'}} \Rightarrow L_{C'D'}=\frac{L_{CD}}{۲}$$

$$k_{DB}=k_{D'B'} \Rightarrow \frac{GJ}{L_{DB}}=\frac{GJ}{L_{D'B'}} \Rightarrow L_{D'B'}=L_{DB}$$

بنابراین می‌توان از تیر مقابل استفاده کرد:



$$\sum M_A = 0 \Rightarrow T_{B'} \times (\frac{L}{3} + \frac{L}{2} + L)$$
$$= T \times \frac{L}{3} + T \times (\frac{L}{3} + \frac{L}{2}) \Rightarrow T_{B'} = \frac{7}{11} T$$
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T_{A'} = 2T - T_{B'} = 2T - \frac{7}{11} T = \frac{15}{11} T$$

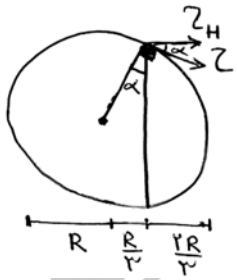
۵۱- (۴) ٪۴۰

بایستی حداکثر کوپل پیچشی قابل تحمل توسط مقطع براساس ظرفیت چسب و چوب جداگانه محاسبه شود و کمترین آنها به عنوان جواب انتخاب گردد:

۱) براساس ظرفیت چوب: تنش برشی ماکزیمم در چوب در محیط مقطع دایروی به‌دست می‌آید و داریم:

$$(\tau_{max})_w = \frac{TR}{J} = (\tau_{all})_w = 2/5\,\tau \Rightarrow T_1 = 2/5 \frac{J}{R} \tau = 2/5 \times \frac{\frac{1}{2}\pi R^4}{R} \tau = 1/25\pi R^3 \tau$$

۲) براساس ظرفیت چسب: مؤلفه‌ای از تنش برشی که بر امتداد چسب عمود است، سهم چسب شده و آنرا به برش می‌اندازد. با توجه به شکل زیر داریم:



$$\sin\alpha = \frac{\frac{R}{3}}{R} = \frac{1}{3} \Rightarrow \cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$
$$(\tau_{max})_g = \tau_H = \tau \cos\alpha = \frac{TR}{J} \times \frac{2\sqrt{2}}{3} = (\tau_{all})_g = \tau$$
$$\Rightarrow T_2 = \frac{3}{2\sqrt{2}} \frac{J}{R} \tau = \frac{3}{2\sqrt{2}} \times \frac{\frac{1}{2}\pi R^4}{R} \tau = \frac{3\pi}{4\sqrt{2}} R^3 \tau$$

$$T_{max} = min(T_1, T_2) = min(1/25\pi R^3 \tau, \frac{3\pi}{4\sqrt{2}} R^3 \tau) = \frac{3\pi}{4\sqrt{2}} R^3 \tau$$

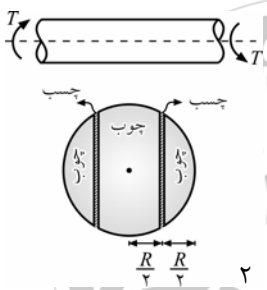
تذکر: طراح تست فراموش کرده است که ترم τ را در گزینه‌های تست بگذارد و گزینه‌ها در شکل فعلی آن اشکال دارد.

این سؤال مشابه تست ۶۲ صفحه ۲۹۴ کتاب مقاومت سری عمران است.

عضوی مطابق شکل تحت کوپل پیچشی T قرار دارد. مقطع از سه قسمت چوبی که توسط چسب به یکدیگر متصل شده‌اند، تشکیل یافته است. مطلوبست حداکثر کوپل پیچشی قابل تحمل توسط آن:

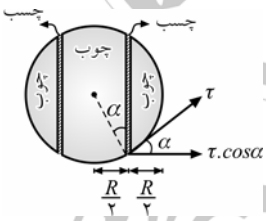
تنش مجاز برشی چسب = $\tau\ kg/cm^2$

تنش مجاز برشی چوب = $5\tau\ kg/cm^2$



۱) $2\frac{J}{R}\tau$ ۲) $\frac{2}{3}\frac{J}{R}\tau$ ۳) $\frac{5}{\sqrt{3}}\frac{J}{R}\tau$ ۴) $\frac{2}{\sqrt{3}}\frac{J}{R}\tau$

با توجه به توضیحات ارائه شده در تست شماره ۵۶، با محاسبهٔ مؤلفه‌ای از تنش برشی که بر راستای چسب عمود است، می‌توان حداکثر لنگر پیچشی را برمبنای ظرفیت چسب محاسبه کرد:



$$\cos\alpha = \frac{\sqrt{R^2 - \frac{R^2}{4}}}{R} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}R}{R} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$
$$\Rightarrow \tau_{max} = \tau \cos\alpha = \frac{TR}{J} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow T_{max} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{J}{R} \tau$$

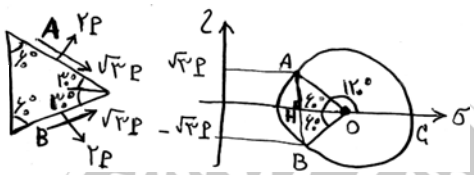
از طرفی حداکثر لنگر پیچشی برمبنای ظرفیت چوب برابر $T = \frac{J}{R} \times (\tau_{all})_w = \frac{J}{R} \times 5\tau$ می‌باشد و داریم:

$$\Rightarrow T_{max} = min\left\{\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{J}{R} \tau\ ,\ \frac{J}{R} \times 5\tau\right\} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{J}{R} \tau$$

٪۴۰

(۲) -۵۲

از دایره مور تنش استفاده می‌کنیم. توجه داریم که با توجه به زاویه بین صفحات A و B در المان (۶۰°)، زاویه بین نقاط متناظر این صفحات در دایره مور تنش برابر است با $۲\times۶۰^\circ = ۱۲۰^\circ$، دایره مور المان تنش داده شده به‌صورت زیر می‌باشد.



$$\sin ۶۰ = \frac{\sqrt{۳}}{۲} = \frac{AH}{OA} = \frac{\sqrt{۳}P}{R} \Rightarrow R = ۲P$$

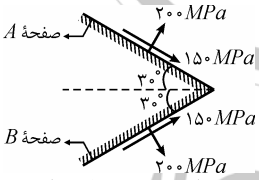
$$\sigma_{ave} = ۲P + R\cos ۶۰ = ۲P + ۲P\times\frac{۱}{۲} = ۳P$$

برای رسیدن به صفحه قائم بایستی صفحه مایل A به میزان ۶۰ درجه در جهت ساعتگرد بچرخد که نتیجه می‌شود نقطه متناظر صفحهٔ A بایستی در دایره مور المان تنش به میزان ۱۲۰ درجه در جهت ساعتگرد بچرخد که با توجه به دایره مور فوق به نقطه C می‌رسیم که در آن تنش عمودی ماکزیمم و تنش برشی برابر صفر است و داریم:

$$\sigma_x = \sigma_c = \sigma_{max} = \sigma_{ave} + R = ۳P + ۲P = ۵P \quad , \quad \tau_{xy} = \tau_c = ۰$$

این سؤال مشابه تمرین ۱-۲۷ صفحه ۴۰ کتاب مقاومت مصالح سری عمران است.

وضعیت تنش‌های برشی و قائم در دو صفحه از یک المان که با یکدیگر زاویهٔ ۶۰ درجه می‌سازند، مطابق شکل مقابل است:



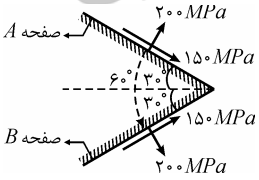
الف) دایرهٔ مور مربوط به این المان را رسم کنید.

ب) تنش برشی ماکزیمم در این المان چقدر است؟

ج) تنش‌های اصلی این المان چقدر است؟

د) تنش‌های برشی و قائم را بر روی صفحه‌ای افقی در این المان به‌دست آورید.

الف) با توجه به این که هر صفحه از المان متناظر با یک نقطه بر روی دایرهٔ مور می‌باشد، مختصات صفحات A و B بر روی دایرهٔ مور عبارت است از:

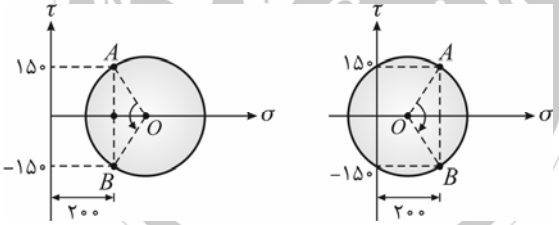


$$A: \begin{cases} \sigma_A = +۲۰۰ & \text{(کششی)} \\ \tau_A = +۱۵۰ & \text{(المان را ساعتگرد می‌چرخاند)} \end{cases}$$

$$A: \begin{cases} \sigma_B = +۲۰۰ & \text{(کششی)} \\ \tau_B = -۱۵۰ & \text{(المان را پادساعتگرد می‌چرخاند)} \end{cases}$$

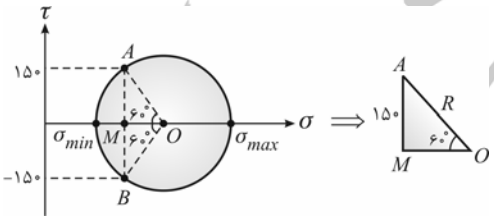
با توجه به این که برای رسیدن از صفحهٔ A به صفحهٔ B در المان ۶۰ درجه و در جهت مثلثاتی می‌چرخیم، برای رسیدن از نقطهٔ متناظر با صفحهٔ A به نقطهٔ متناظر با صفحهٔ B باید ۱۲۰ درجه و در جهت مثلثاتی بچرخیم. بنابراین از بین دو دایرهٔ مور ممکن زیر، دایره سمت چپ می‌تواند دایره مور این المان باشد.

دقت شود که در دایرهٔ مور سمت راست، برای رسیدن از A به B به اندازه ۱۲۰ درجه و در خلاف جهت مثلثاتی چرخیده‌ایم (به عبارتی دایرهٔ مور سمت راست با المان مطابقت ندارد).



در دایرهٔ مور این المان، مرکز دایره باید در سمت راست نقاط A و B قرار گیرد (شکل سمت چپ) تا وضعیت مورد نظر رخ دهد.

ب) با توجه به این که صفحات A و B با افق زاویه‌های یکسانی می‌سازند، زاویه‌های AOM و BOM اندازهٔ یکسانی داشته و هر یک برابر ۶۰ درجه می‌باشند. با توجه به این موضوع شعاع دایرهٔ مور عبارت است از:



$$\sin ۶۰^\circ = \frac{AM}{OA} = \frac{۱۵۰}{R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{۱۵۰}{\sin ۶۰} = \frac{۳۰۰}{\sqrt{۳}} = ۱۰۰\sqrt{۳}$$

می‌دانیم که تنش برشی ماکزیمم نیز با شعاع دایرهٔ مور هم‌اندازه بوده و در نتیجه برابر $۱۰۰\sqrt{۳}\ MPa$ است.

ج) برای محاسبهٔ مقادیر σ_{max} و σ_{min}، ابتدا باید مختصات مرکز دایرهٔ مور را محاسبه کنیم:

$$\tan ۶۰ = \frac{AM}{OM} \Rightarrow \sqrt{۳} = \frac{۱۵۰}{OM} \Rightarrow OM = ۵۰\sqrt{۳}$$

$$\sigma_O = \sigma_M + OM \Rightarrow \sigma_O = ۲۰۰ + ۵۰\sqrt{۳}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_O + R = (۲۰۰ + ۵۰\sqrt{۳}) + (۱۰۰\sqrt{۳}) = ۲۰۰ + ۱۵۰\sqrt{۳}$$

$$\sigma_{min} = \sigma_O - R = (۲۰۰ + ۵۰\sqrt{۳}) - (۱۰۰\sqrt{۳}) = ۲۰۰ - ۵۰\sqrt{۳}$$

د) برای رسیدن از صفحهٔ A به صفحهٔ افقی بر روی المان باید ۳۰ درجه در جهت مثلثاتی چرخید، به همین منظور در دایره باید ۶۰ درجه در جهت مثلثاتی چرخید و با انجام این چرخش، به صفحهٔ با برش صفر می‌رسیم. بنابراین صفحهٔ افقی همان صفحهٔ تنش اصلی مینیمم بوده و تنش قائم و برشی بر روی آن به ترتیب $۲۰۰ - ۵۰\sqrt{۳}$ و صفر است.

(۲) -۵۳

با توجه به هندسه نتیجه می‌شود طول عضو مایل AB برابر است با $\frac{L}{\cos\theta}$، اگر تنش مجاز مصالح برابر σ باشد، داریم:

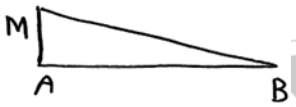
$$F_{AB}\sin\theta = P \Rightarrow F_{AB} = \frac{P}{\sin\theta} \Rightarrow A_{AB} = \frac{P}{\sigma\sin\theta}$$

$$(Volume)_{AB} = A_{AB} \times L_{AB} = \frac{P}{\sigma\sin\theta} \times \frac{L}{\cos\theta} = \frac{PL}{\sigma\sin\theta\cos\theta} = \frac{۲PL}{\sigma\sin ۲\theta}$$

با توجه به رابطه فوق دیده می‌شود که برای مینیمم شدن حجم میله AB، بایستی $\sin ۲\theta$ ماکزیمم شود که به ازای $\theta = \frac{\pi}{۴}$ این اتفاق می‌افتد.

(۱) -۵۴ ٪۷۰

نمودار لنگر خمشی تیر، یک مثلث به شکل زیر است که با توجه به آن دیده می‌شود لنگر خمشی ماکزیمم و در نتیجه تنش خمشی ماکزیمم در تکیه‌گاه A به وجود می‌آید و داریم:



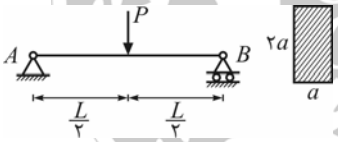
$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S} = \frac{M}{\frac{b^۳}{۶}} = \frac{۶M}{b^۳} = \sigma_{all} = \sigma_a \Rightarrow b = \sqrt[۳]{\frac{۶M}{\sigma_a}}$$

تذکر ۱: صورت سؤال اشکال دارد! چون تنش مجاز مقطع ربطی به ابعاد مقطع ندارد و باید در صورت سؤال کلمهٔ مجاز حذف شود.

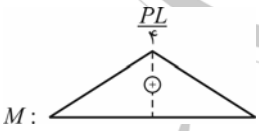
تذکر ۲: در گزینه‌ها باید G_a به σ_a اصلاح شود.

این سؤال، سؤال بسیار ساده‌ای بوده که مشابه تمرین ۴-۱۸ کتاب مقاومت سری عمران است.

در تیر زیر، حداکثر تنش‌های نرمال کششی و فشاری را در مقطع عرضی تیر به‌دست آورید.

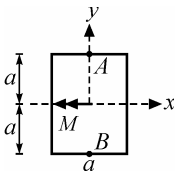


با توجه به نمودار لنگر خمشی تیر، حداکثر لنگر خمشی در وسط تیر رخ داده و مقدار آن برابر $\frac{PL}{۴}$ می‌باشد و حداکثر تنش‌ها نیز در محل حداکثر لنگر رخ می‌دهد.



$$M_{max} = \frac{PL}{۴}$$

در این تیر لنگر خمشی وارد بر تیر مثبت می‌باشد. بنابراین پایین تیر را کشیده و بالای تیر را تحت فشار قرار می‌دهد. با توجه به این موضوع، حداکثر تنش فشاری در بالای مقطع و حداکثر تنش کششی در پایین مقطع ایجاد می‌شود. مقادیر این تنش‌ها عبارت است از:



$$\text{فشاری}: \sigma^{c}_{max}=\sigma_A=-\frac{M\cdot y_c}{I_x}=-\frac{M\times(a)}{\frac{a\times(۲a)^۳}{۱۲}}=-\frac{۳}{۲}\frac{M}{a^۳}$$

$$\text{کششی}: \sigma^{t}_{max}=\sigma_B=-\frac{M\cdot y_t}{I_x}=-\frac{M\times(-a)}{\frac{a\times(۲a)^۳}{۱۲}}=\frac{۳}{۲}\frac{M}{a^۳}$$

با جایگذاری $M=\frac{PL}{۴}$، حداکثر تنش نرمال در کل تیر به‌دست آمده و مقدار آن عبارت است از:

$$\sigma^{t}_{max}=\frac{۳}{۲}\frac{\frac{PL}{۴}}{a^۳}=\frac{۳}{۸}\frac{PL}{a^۳}\quad\text{(کششی)}\qquad \sigma^{c}_{max}=-\frac{۳}{۲}\frac{\frac{PL}{۴}}{a^۳}=-\frac{۳}{۸}\frac{PL}{a^۳}\quad\text{(فشاری)}$$

از این تمرین نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱- با توجه به رابطهٔ (۴-۸) تنش‌های نرمال فشاری، منفی به‌دست آمده و تنش‌های نرمال کششی، مثبت به‌دست می‌آید. توصیه می‌شود که در مسائل مقدار تنش را بدون در نظر گرفتن علامت پارامترها محاسبه کرده و نوع تنش را با توجه به جهت لنگر، مشخص کنیم.

۲- برای تعیین کردن مقدار تنش ابتدا باید محل مرکزسطح را بدانیم، زیرا محور خنثی از آن عبور کرده و y فاصله از محور خنثی می‌باشد.

۳- در یک مقطع متقارن مانند مستطیل، حداکثر تنش نرمال کششی و فشاری یک تیر برابر بوده که در محل لنگر حداکثر و در دورترین فاصله از محور خنثی رخ می‌دهند.

۴- فرض کنید که در این تیر با توجه به جنس مصالح، تنش مجاز فشاری $\sigma^{c}_{all}=۳۰۰\,kg/cm^۲$ و تنش مجاز کششی $\sigma^{t}_{all}=۵۰۰\,kg/cm^۲$ باشد. در این حالت با توجه به یکسان بودن اندازهٔ تنش‌های حداکثر فشاری و کششی وارد بر تیر، تنش مجاز فشاری مقدار کمتری داشته و با کمک آن حداکثر مقدار P را می‌توان به‌دست آورد:

$$|\sigma^{c}_{max}|\le\sigma^{c}_{all}\ \Rightarrow\ \frac{۳}{۸}\frac{PL}{a^۳}\le ۳۰۰\ \Rightarrow\ P_{max}=۸۰۰\frac{a^۳}{L}$$

۵- در حالت کلی برای تعیین مقدار مجاز P در این‌گونه مسائل، با کمک مقایسهٔ مقادیر σ^{c}_{max} و σ^{t}_{max} با مقادیر مجاز، دو مقدار حداکثر برای P به‌دست آورده و مقدار کمتر را به عنوان بار مجاز وارد بر تیر انتخاب می‌کنیم.

۵۵- (۴) ٪۴۰

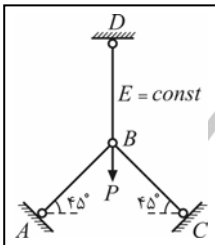
با توجه به تقارن سازه و بارگذاری، تغییر مکان گره B صرفاً در راستای بارگذاری به طرف پایین بوده و سه میله مانند سه فنر موازی عمل می‌کنند، چون نیروی P بین این سه میله توزیع می‌شود و همچنین تغییر مکان قائم B در هر سه میله یکسان است. با توجه به اینکه در فنرهای موازی نیرو به نسبت سختی توزیع می‌شود، داریم:

$$F_{BC}=\frac{k_{BC}}{\sum k}\times P=\frac{\frac{A_۲E}{L}}{\frac{A_۲E}{L}+۲\times\frac{A_۱E}{L}\cos^۲(۹۰-\theta)}\times P=\frac{A_۲}{A_۲+۲A_۱\sin^۲\theta}\times P$$

$$\xrightarrow{\text{تقسیم صورت و مخرج کسر بر } A_۱} F_{BC}=\frac{\frac{A_۲}{A_۱}P}{\frac{A_۲}{A_۱}+۲\sin^۲\theta}$$

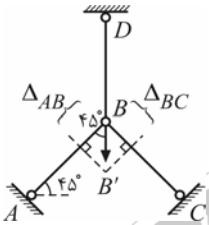
این سؤال مشابه تست ۵۸ صفحهٔ ۱۷۲ و تمرین ۲-۱۸ صفحهٔ ۱۳۷ کتاب مقاومت سری عمران است.

در شکل نشان داده شده، هر سه میله دارای طول یکسان و سطح مقطع میله BD برابر A و سطح مقطع میله‌های AB و BC برابر $A_۱$ می‌باشد. اگر نیروی هر سه میله مساوی باشد، نسبت $A_۱/A$ برابر است با:



۱) $\sqrt{۲}$ ۲) $\frac{۱}{\sqrt{۲}}$ ۳) ۱ ۴) ۲

با توجه به تقارن سازه، نقطهٔ B تنها در راستای قائم جابه‌جا شده و مطابق روش ویلیو می‌توان نوشت:

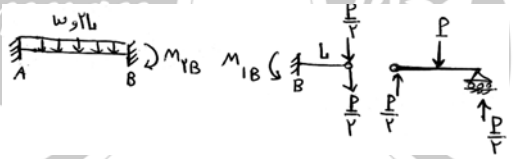


$$\begin{cases} BB' = \Delta_{BD} \\ \Delta_{AB} = \Delta_{BC} = \Delta_{BD}\cos ۴۵^\circ \end{cases}$$

$$\frac{F_{AB}.L}{A_۱ E} = \frac{F_{BD}.L}{AE} \times \frac{۱}{\sqrt{۲}} \Rightarrow A_۱ = \sqrt{۲}A \Rightarrow \frac{A_۱}{A} = \sqrt{۲}$$

۵۶- (۱) ٪۴۰

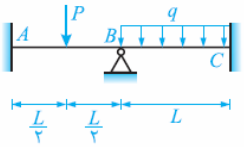
برای اینکه لنگر M_D صفر شود باید ستون BD مستقیم باقی بماند و بدون خمش تحت اثر نیروی محوری فشاری باشد. اگر لنگری به گره B از این ستون وارد شود نصف آن به تکیه‌گاه D منتقل می‌شود، بنابراین بایستی چرخش گره B صفر شود. برای این منظور باید لنگر گیرداری گره B از تیر AB با لنگر گره B از تیر طره راست B برابر باشد:



$$M_{۱B} = M_{۲B} \Rightarrow (\frac{P}{۲}+\frac{P}{۲})\times L = \frac{w\,(۲L)^۲}{۱۲} \Rightarrow PL = \frac{wL^۲}{۳} \Rightarrow P = \frac{wL}{۳}$$

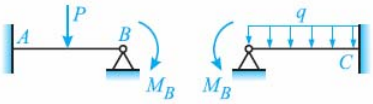
این سؤال مشابه تست ۱۰ صفحهٔ ۱۴۴ و تست ۲۴ صفحهٔ ۱۷۰ جلد دوم کتاب تحلیل سری عمران می‌باشد.

۱۰- مقدار نیروی P چقدر باشد تا تکیه‌گاه B چرخش نداشته باشد؟ (EI ثابت فرض شود)



۱) $\frac{۲qL}{۳}$
۲) $\frac{۳qL}{۲}$
۳) $\frac{qL}{۲}$
۴) qL

ابتدا تیر دو دهانه را از محل تکیه‌گاه مفصلی در B جدا می‌کنیم و لنگرهای M_B را در طرفین این تکیه‌گاه به صورت مختلف‌الجهت مقابل درنظر می‌گیریم:

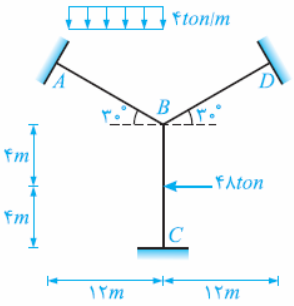


$\theta_{B_L} = \theta_{B_R} = ۰$ (معادلهٔ سازگاری)

$$\theta_{B_L} = \frac{M_B L}{۴EI} - \frac{PL^۲}{۳۲EI} = ۰ \Rightarrow M_B = \frac{PL}{۸} \quad , \quad \theta_{B_R} = \frac{qL^۳}{۴۸EI} - \frac{M_B L}{۴EI} = ۰ \Rightarrow M_B = \frac{qL^۲}{۱۲}$$

$$\Rightarrow \frac{PL}{۸} = \frac{qL^۲}{۱۲} \Rightarrow P = \frac{۳qL}{۲}$$

۲۴- کدام‌یک از گزینه‌ها در سازهٔ زیر صحیح است؟ (EI برای تمامی اعضاء ثابت و تغییر شکل محوری اعضاء قابل صرفنظر کردن می‌باشد.)



۱) $M_{BA} = ۳۶ton.m$ و $M_{BC} = -۴۸ton.m$ و $M_{BD} = ۱۲ton.m$
۲) $M_{BA} = ۴۸ton.m$ و $M_{BC} = -۳۶ton.m$ و $M_{BD} = -۱۲ton.m$
۳) $M_{BA} = ۴۸ton.m$ و $M_{BC} = -۴۸ton.m$ و $M_{BD} = ۰ton.m$
۴) $M_{BA} = ۲۴ton.m$ و $M_{BC} = -۳۶ton.m$ و $M_{BD} = ۱۲ton.m$

$$L_{AB}=L_{BD}=\frac{۱۲}{\cos ۳۰}=۸\sqrt{۳}$$

$$\begin{cases} M_{BA}=\frac{۲EI}{L}(۲\theta_B+\theta_A-۳\psi_{BA})+FEM_{BA} \\ \theta_B=?\ ,\ \theta_A=۰\ ,\ \psi_{BA}=۰\ ,\ FEM_{BA}=\frac{۴\times ۱۲^۲}{۱۲}=۴۸ \end{cases} \Rightarrow M_{BA}=\frac{۲EI}{۸\sqrt{۳}}(۲\theta_B)+۴۸$$

$$\begin{cases} M_{BD}=\frac{۲EI}{L}(۲\theta_B+\theta_D-۳\psi_{BD})+FEM_{BD} \\ \theta_B=?\ ,\ \theta_D=۰\ ,\ \psi_{BD}=۰\ ,\ FEM_{BD}=۰ \end{cases} \Rightarrow M_{BD}=\frac{۲EI}{۸\sqrt{۳}}(۲\theta_B)$$

$$\begin{cases} M_{BC}=\frac{۲EI}{L}(۲\theta_B+\theta_C-۳\psi_{BC})+FEM_{BC} \\ \theta_B=?\ ,\ \theta_C=۰\ ,\ \psi_{BC}=۰\ ,\ FEM_{BC}=-\frac{۴۸\times ۸}{۸}=-۴۸ \end{cases} \Rightarrow M_{BC}=\frac{۲EI}{۸}(۲\theta_B)-۴۸$$

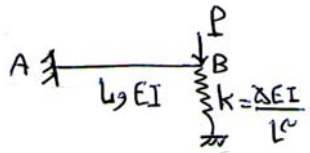
در ادامه با درنظر گرفتن یک معادلهٔ تعادل لنگر در نقطهٔ B داریم:

$$M_{BA}+M_{BC}+M_{BD}=۰ \Rightarrow \theta_B=۰$$

$$\Rightarrow M_{BA}=۴۸\ ,\ M_{BD}=۰\ ,\ M_{BC}=-۴۸$$

(۳) -۵۷ ٪۴۰

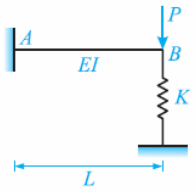
برای محاسبه Δ_B می‌توان مطابق شکل زیر فقط تیر AB به همراه فنر واقع در زیر آن را در نظر گرفت. با توجه به توزیع شدن نیروی P بین تیر AB و فنر انتقالی و همچنین با توجه به اینکه تغییر مکان B برابر است با کاهش طول فنر انتقالی، نتیجه می‌شود که تیر AB و فنر انتقالی به صورت فنرهای موازی عمل می‌کنند و داریم:



$$\Delta_B=\frac{P}{k_{beam}+k_s}=\frac{P}{\frac{۳EI}{(۲L)^۳}+\frac{۵EI}{L^۳}}=\frac{۸PL^۳}{۴۳EI}$$

این سؤال با توجه به مفاهیم تست ۲ صفحه ۱۹۵ و تست ۱۱ صفحه ۱۹۶ کتاب تحلیل جلد ۲ سری عمران قابل حل است.

۲- در قاب مقابل، تغییر مکان نقطهٔ B چقدر است؟



۱) $\frac{PL^۳}{۳EI}$

۲) $\frac{P}{K}$

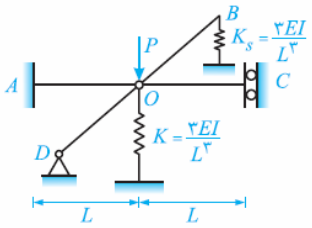
۳) $\frac{PL^۳}{KL^۳+۳EI}$

۴) $\frac{KL^۳+EI}{PL^۳}$

تیر پایدار AB و فنر مطابق الگوی (۱) درس‌نامه به صورت دو فنر موازی عمل کرده و داریم:

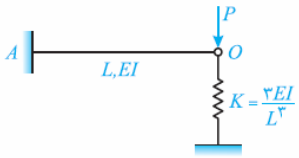
$$K_{AB}=\frac{۳EI}{L^۳} \Rightarrow \Delta_B=\frac{P}{\Sigma K_i}=\frac{P}{K_{AB}+K_{\text{فنر}}}=\frac{P}{\frac{۳EI}{L^۳}+K}=\frac{PL^۳}{۳EI+KL^۳}$$

۱۱- در سازهٔ سه بعدی مقابل، نیروی فنر کدام است؟ (L و EI برای تیرها یکسان فرض شود)



۱) $\frac{P}{۳}$
۲) $\frac{P}{۴}$
۳) $\frac{P}{۲}$
۴) $\frac{P}{۵}$

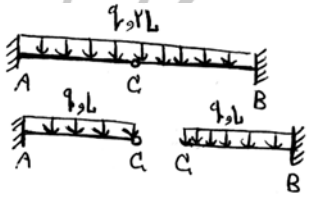
با کمی دقت می‌توان دریافت تیرهای OB، OD و OC از قسمت‌های معین سازه بوده و با توجه به معادلات تعادل، نیرویی در این اعضاء به‌وجود نمی‌آید. به عبارتی این اعضاء در مقابل جابه‌جایی مفصل O هیچ‌گونه مقاومتی نمی‌کنند و می‌توان آنها را از سازه حذف کرد. در ادامه سازه به صورت زیر تبدیل شده و تیر OA و فنر به صورت دو فنر موازی خواهند بود که در نتیجه نیروی P به نسبت سختی بین آنها توزیع می‌شود:



$$F_{\text{فنر}}=P\times\frac{K_{\text{فنر}}}{K_{\text{فنر}}+K_{AO}}=P\times\frac{\frac{۳EI}{L^۳}}{\frac{۳EI}{L^۳}+\frac{۳EI}{L^۳}}=\frac{P}{۲}$$

(۱) -۵۸ ٪۱۰

بار گسترده یکنواخت q را روی کل طول تیر اعمال می‌کنیم. با توجه به کاربرد خط تأثیر می‌دانیم لنگر تکیه‌گاه A برابر است با شدت بار گسترده $q_۰$ ضربدر سطح زیر نمودار خط تأثیر لنگر تکیه‌گاه A که این سطح را $A_۰$ می‌نامیم. از طرف دیگر با توجه به تقارن سازه و بارگذاری در تیر زیر، تیرهای AC و BC در مفصل C به یکدیگر برشی وارد نمی‌کنند و هر یک از آنها مانند یک تیر طره تحت اثر بار گسترده یکنواخت q عمل می‌کنند و ما می‌دانیم که لنگر تکیه‌گاه‌های A و B برابر است با $\frac{qL^۲}{۲}$. بنابراین داریم:



$$M_A=\frac{qL^۲}{۲}=q\times A_۰\ \Rightarrow\ A_۰=\frac{L^۲}{۲}$$

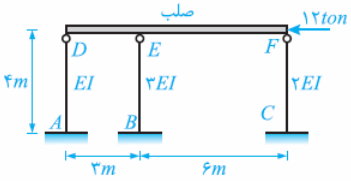
(۳) -۵۹ ٪۵۰

ستون‌ها مانند فنرهای موازی عمل می‌کنند و در این فنرهای موازی، برش ستون‌ها به نسبت سختی آنها بوده و داریم:

$$\frac{M_A}{M_B}=\frac{V_A\times L_{AC}}{V_B\times L_{BH}}=\frac{V_A\times ۴}{V_B\times ۲}=۲\times\frac{V_A}{V_B}=۲\times\frac{K_{AC}}{K_{BH}}=۲\times\frac{\frac{۳EI}{۴^۳}}{\frac{۳EI}{۲^۳}}=۲\times(\frac{۱}{۲})^۳=\frac{۱}{۴}$$

این سؤال مشابه تست ۲۵ صفحه ۱۹۸ و تمرین ۱۴-۱۶، صفحه ۱۹۳ جلد ۲ کتاب تحلیل سری عمران می‌باشد.

۲۵- لنگرهای انتهایی ستون‌ها در سازهٔ داده شده برابر است با:



۱) $M_A=M_B=M_C=۱۶\ ton.m$
۲) $M_A=۳M_B=۲M_C=۲۴\ ton.m$
۳) $M_A=۸\ ton.m\ ,\ M_B=۳M_A\ ,\ M_C=۲M_A$
۴) $M_A=M_C=۲۴\ ton.m\ ,\ M_B=$ صفر

تغییر مکان نقاط D، E و F در انتهای ستون‌های AD، BE و CF، با توجه به صلب بودن تیر برابر بوده و در نتیجه ستون‌های AD، BE و CF به صورت سه فنر موازی عمل کرده و نیروی P به نسبت سختی بین آنها توزیع می‌شود:

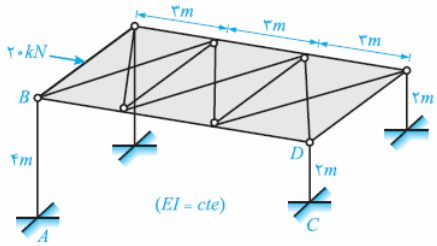
$$K_{AD}=\frac{۳EI}{(۴)^۳}=\frac{۳EI}{۶۴}\quad ,\quad K_{BE}=\frac{۳(۳EI)}{۴^۳}=\frac{۹EI}{۶۴}\quad ,\quad K_{CF}=\frac{۳(۲EI)}{۴^۳}=\frac{۳EI}{۳۲}$$

$$F_{AD}=۱۲\times\frac{K_{AD}}{\Sigma K_i}=۱۲\times\frac{\frac{۳EI}{۶۴}}{\frac{۳EI}{۶۴}+\frac{۹EI}{۶۴}+\frac{۳EI}{۳۲}}=۲\ ton$$

$$F_{BE}=۱۲\times\frac{K_{BE}}{\Sigma K_i}=۶\ ton\quad ,\quad F_{CF}=۱۲\times\frac{K_{CF}}{\Sigma K_i}=۴\ ton$$

محاسبهٔ لنگرها:
$$\begin{cases}M_A=F_{AD}\times۴=۸\ ton.m\\ M_B=F_{BE}\times۴=۲۴\ ton.m\\ M_C=F_{CF}\times۴=۱۶\ ton.m\end{cases}\Rightarrow M_B=۳M_A\ ,\ M_C=۲M_A$$

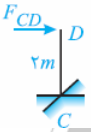
تمرین ۱۴-۱۶: اگر سقف قاب شکل مقابل را صلب فرض کنیم، نسبت $\frac{M_A}{M_C}$ کدام است؟



۱) $\frac{۱}{۲}$
۲) $\frac{۱}{۴}$
۳) $\frac{۱}{۸}$
۴) $\frac{۱}{۱۶}$

حل: در مقابل حرکت سقف صلب در این قاب، چهار ستون محدودیت ایجاد کرده و تغییر مکان انتهای هر چهار ستون با توجه به صلب بودن سقف و تقارن بارگذاری، یکسان بوده و برابر تغییر مکان سقف صلب است. این چهار ستون به صورت فنرهای موازی عمل کرده و نیروی P بین ستون‌های قاب به نسبت سختی توزیع می‌شود.

$$\Rightarrow\begin{cases}F_{AB}=P\times\frac{K_{AB}}{\Sigma K_i}\\ M_A=F_{AB}\times۴\end{cases}$$



$$\Rightarrow\begin{cases}F_{CD}=P\times\frac{K_{CD}}{\Sigma K_i}\\ M_C=F_{CD}\times۲\end{cases}$$

$$\Rightarrow\frac{M_A}{M_C}=\frac{F_{AB}}{F_{CD}}\times۲=\frac{K_{AB}}{K_{CD}}\times۲\Rightarrow\frac{M_A}{M_C}=\frac{\frac{۳EI}{۴^۳}}{\frac{۳EI}{۲^۳}}\times۲=\frac{۱}{۴}$$

بنابراین گزینهٔ (۳) صحیح است.

---

(۳) -۶۰ ٪۲۰

انحناء که با $k(x)$ نشان داده می‌شود برابر $\frac{d\theta}{dx}$ است که ثابت می‌شود برابر $\frac{M(x)}{EI}$ می‌باشد و داریم:

$$d\theta=\frac{xdx}{EI}\Rightarrow k(x)=\frac{d\theta}{dx}=\frac{x}{EI}=\frac{M(x)}{EI}\Rightarrow M(x)=x$$

با توجه به اینکه $M(x)$ برابر x به‌دست آمد نتیجه می‌شود که بارگذاری تیر به‌صورت بار واحد در انتهای تیر طره AB بوده است. برای محاسبه تغییر مکان گره C می‌توانیم بار را از B به C منتقل کنیم که در این صورت علاوه بر نیروی واحد، یک لنگر متمرکز برابر ۳ در گره C وارد می‌شود. با جمع آثار داریم:

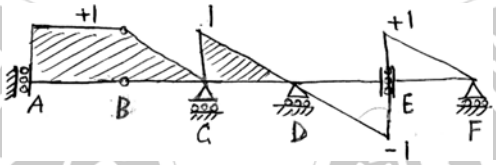
$$\Delta_C=\frac{PL^۳}{۳EI}+\frac{ML^۲}{۲EI}=\frac{۱\times۱^۳}{۳EI}+\frac{۳\times۱^۲}{۲EI}=\frac{۱/۸۳}{EI}$$

با توجه به اینکه تغییر مکان تیر به سمت پایین است و محور قائم y به سمت بالا می‌باشد، این تغییر مکان منفی در نظر گرفته شده است.

٪۴۰

۶۱- (۴)

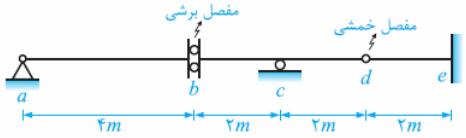
خط تأثیر نیروی برشی سمت راست تکیه‌گاه C در شکل زیر رسم شده است. با توجه به اینکه در صورت تست، صفت «زنده» برای بار گسترده ذکر نشده است، حق بارگذاری و اعمال بار گسترده در دهانه‌های مختلف (به‌صورت غیر پیوسته) را نداریم. با توجه به شکل تأثیر دیده می‌شود که حداکثر نیروی برشی سمت راست تکیه‌گاه C وقتی به وجود می‌آید که بار گسترده روی سه دهانه مجاور AB و BC و CD اثر کند و در این صورت داریم:



$$A_{\circ} = l \times ۱ + \frac{l \times ۱}{۲} + \frac{l \times ۱}{۲} = ۲l \quad , \quad (V_{c^+})_{max} = xA_{\circ} = w \times ۲l = ۲wl$$

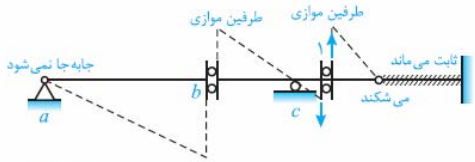
این سؤال مشابه تست‌های ۱۷ و ۱۸ صفحهٔ ۲۸۵ کتاب تحلیل جلد ۲ سری عمران می‌باشد.

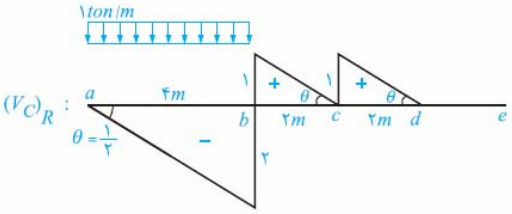
۱۷- در تیر شکل مقابل تحت بار گستردهٔ $۱t/m$ با طول متغیر، قدر مطلق برش حداکثر در سمت راست تکیه‌گاه C برحسب ton، چقدر است؟ (سرتاسر تیر قابل بارگذاری می‌باشد.)



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۶

برای بررسی این تست، ابتدا خط تأثیر برش در سمت راست تکیه‌گاه C را رسم می‌کنیم:



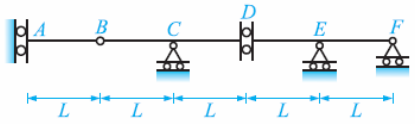


حداکثر برش در سمت راست تکیه‌گاه C، زمانی ایجاد می‌شود که بار گسترده حداکثر مساحت بین محور افقی و نمودار خط تأثیر را پوشش دهد. به همین منظور یک بار مساحت‌های مثبت و بار دیگر مساحت منفی را به دست می‌آوریم تا حداکثر مساحت مشخص شود:

$$\begin{cases} \text{اگر بار گسترده در } bcd \text{ قرار گیرد: } S^{+} = \frac{۲ \times ۱ \times ۲}{۲} = ۲ \\ \text{اگر بار گسترده در } ab \text{ قرار گیرد: } S^{-} = \frac{۲ \times ۴}{۲} = ۴ \end{cases} \Rightarrow S_{max} = ۴$$

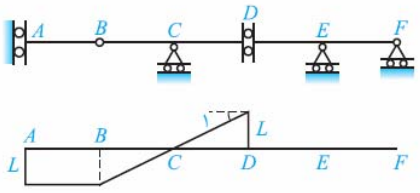
$$V^{R}_{C_{max}} = ۱ \times S_{max} = ۱ \times ۴ = ۴\,ton$$

۱۸- اگر بار گسترده و یکنواخت به شدت w بتواند به طور اختیاری در دهانه‌های مختلف تیر قرار گیرد، حداکثر لنگر خمشی در مفصل برشی D چقدر است؟



۱) $۲wL^{۲}$
۲) $\frac{۳wL^{۲}}{۲}$
۳) $\frac{wL^{۲}}{۲}$
۴) $wL^{۲}$

برای به دست آوردن لنگر حداکثر در نقطهٔ D، ابتدا خط تأثیر آن را رسم می‌کنیم:



حداکثر مقدار لنگر در تیر زمانی خواهد بود که بار گسترده در دهانهٔ ABC قرار گیرد:

$$M_{max_D} = w \times S_{ABC} = w\left[L \times L + \frac{L \times L}{2}\right] = \frac{3wL^2}{2}$$

۶۲- (۴) ٪۵

نکته: مطابق توضیحات تست ۹۲۶ کتاب تحلیل سازه‌های دکتر نادر فنائی، انرژی کرنشی خمشی یک عضو دارای چرخش‌های گرهی در دو انتها و تغییر مکان نسبی را می‌توان با رابطه زیر محاسبه کرد:

$$U = \frac{2EI}{l}(\theta_1^2 + \theta_1\theta_2 + \theta_2^2) - \frac{6EI\,\Delta}{l^2}(\theta_1 + \theta_2) + \frac{6EI\,\Delta^2}{l^3}$$

واضح است که مطابق قرارداد شیب – افت چرخش‌های ساعتگرد و همچنین تغییر مکان‌های نسبی منجر به چرخش ساعتگرد، مثبت در نظر گرفته می‌شوند. از آنجاکه تکیه‌گاه‌های A و C گیردار هستند. چرخش آنها برابر صفر است. چرخش گره B در جهت مثلثاتی (پادساعتگرد) می‌باشد که چون به سمت بالا است و موجب چرخش پادساعتگرد AB شده است، منفی می‌باشد. برای عضو BC ، تغییر مکان افقی B به منزله Δ می‌باشد که چون به سمت راست است و موجب چرخش ساعتگرد EC شده است، مثبت می‌باشد و داریم:

$$U_{AB} = \frac{2EI}{l}(\theta_A^2 + \theta_A\theta_B + \theta_B^2) - \frac{6EI\,\Delta_{VB}}{l^2}(\theta_A + \theta_B) + \frac{6EI\,\Delta_{VB}^2}{l^3}$$

$$U_{BC} = \frac{2EI}{l}(\theta_B^2 + \theta_B\theta_C + \theta_C^2) - \frac{6EI\,\Delta_{HB}}{l^2}(\theta_B + \theta_C) + \frac{6EI\,\Delta_{HB}^2}{l^3}$$

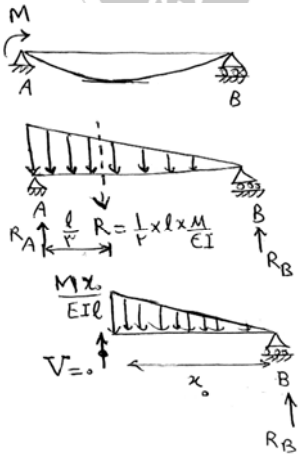
$$\theta_A = \theta_C = 0\ ,\ U_{ABC} = U_{AB} + U_{BC} = \frac{4EI}{l}\theta_B^2 - \frac{6EI\,\theta_B}{l^2}(\Delta_{VB} + \Delta_{HB}) + \frac{6EI}{l^3}(\Delta_{VB}^2 + \Delta_{HB}^2)$$

$$= \frac{4EI}{l}(-0/01)^2 - \frac{6EI}{l^2}(-0/01)(-0/02l + 0/01l) + \frac{6EI}{l^3}[(-0/02l)^2 + (0/01l)^2]$$

$$= \frac{4\times10^{-4}EI}{l} - \frac{6\times10^{-4}EI}{l} + \frac{30\times10^{-4}EI}{l} = 28\times10^{-4}\frac{EI}{l}$$

۶۳- (۲) ٪۵

از قضیه دو جانبه بتی – ماکسول استفاده می کنیم. با توجه به حالت دوم قضیه (حالت لنگر – لنگر) چون با اعمال لنگر خمشی M_0 در فاصله x از تکیه‌گاه A ، شیب تکیه‌گاه A برابر صفر شده است، به‌طور متقابل اگر لنگر خمشی متمرکز M_0 در تکیه‌گاه A اثر کند، در فاصله x از تکیه‌گاه A شیب برابر صفر خواهد شد. پس مسأله مطرح شده تبدیل می‌شود به اینکه در یک تیر دو سر ساده تحت اثر لنگر خمشی متمرکز M در یک تکیه‌گاه آن محل شیب صفر (یا همان محل خیز ماکزیمم تیر) را پیدا کنیم. می‌دانیم اگر در نقطه‌ای از تیر اصلی شیب برابر صفر باشد، در نقطه متناظر آن در تیر مزدوجش برش برابر صفر است.



$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow R_B \times l - R \times \frac{l}{3} = 0 \Rightarrow R_B = \frac{R}{3} = \frac{1}{3}\times\left(\frac{1}{2}\times l \times \frac{M}{EI}\right) = \frac{ML}{6EI}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}x_0 \times \frac{Mx_0}{EIl} - R_B = 0$$

$$\frac{Mx_0^2}{2EI} = \frac{ML}{6EI} \Rightarrow x_0^2 = \frac{l^2}{3} \Rightarrow x_0 = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

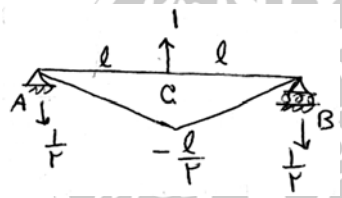
$$x = l - x_0 = l - \frac{l}{\sqrt{3}} = \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{3}\right)l$$

٪۳۵

(۱) -۶۴

اگر نیروهای افقی P روی اعضای قائم را به تکیه‌گاه‌ها منتقل کنیم دیده می‌شود که تیر AB تحت اثر لنگرهای مختلف‌الجهت Pl ، خمش محض را تجربه می‌کند و در این حالت که تیر پایه q است تغییر مکان قائم وسط تیر C به سمت پایین است و برابر است با $\frac{Ml^2}{8EI}=\frac{Pl(2l)^2}{8EI}=\frac{Pl^3}{2EI}$.

بنابراین برای صفر شدن تغییر مکان قائم وسط دهانه تیر بایستی تغییر مکان قائم گره C ناشی از گرادیان حرارتی برابر $\frac{PL^3}{2EI}$ به سمت بالا باشد. از کار مجازی برای محاسبه ΔT استفاده می‌کنیم:



$$\Delta V_C=\int_0^{2l}\frac{\alpha\,\Delta T}{h}m(x)\,dx$$

$$=\frac{\alpha\,\Delta T}{h}\int_0^{2l}m(x)\,dx=\frac{\alpha\,\Delta T}{h}\times\left[\frac{1}{2}\times 2l\times\left(-\frac{l}{2}\right)\right]$$

$$=-\frac{\alpha l^2\Delta T}{2h}=\frac{PL^3}{2EI}\Rightarrow \Delta T=-\frac{Plh}{\alpha EI}$$

علامت منفی در رابطه فوق نشان می‌دهد که بایستی دمای تار تحتانی به میزان $\frac{Plh}{\alpha EI}$ از تار فوقانی کمتر باشد و از آنجا که دمای تار فوقانی تیر تغییر نمی‌کند نتیجه می‌شود که تار تحتانی باید به اندازه $\frac{Plh}{\alpha EI}$ سرد شود.

این سؤال کاملاً مشابه با کاربرد روش کار مجازی در تست ۴۹ صفحه ۲۲۴ جلد ۱ کتاب تحلیل سری عمران می‌باشد.

۴۹- در قاب مقابل، عضو AB تحت اثر گرادیان حرارتی نشان داده شده قرار گرفته است.

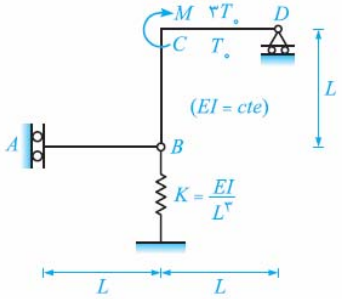
لنگر M چقدر باشد تا جابه‌جایی گره D صفر شود؟

۱) $\frac{3\alpha EIT_0}{2h}$

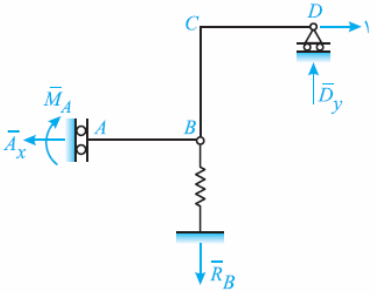
۲) $\frac{\alpha EIT_0}{h}$

۳) $\frac{\alpha EIT_0}{2h}$

۴) $\frac{3\alpha EIT_0}{h}$



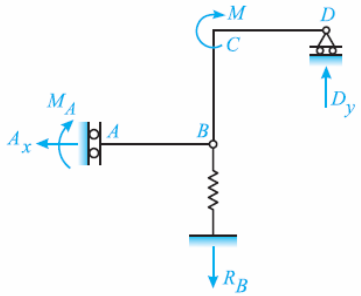
برای یافتن جابه‌جایی نقطهٔ D ، یک بار واحد افقی در نقطهٔ D قرار می‌دهیم:



AB قطعهٔ : $\Sigma M_B=0\Rightarrow \bar{M}_A=0$

BCD قطعهٔ : $\Sigma M_B=0\Rightarrow \bar{D}_y=1$

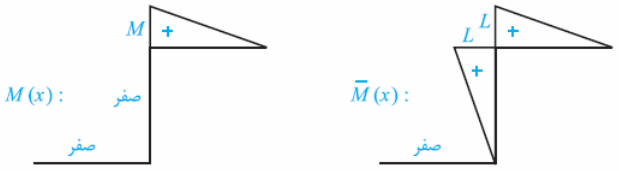
در کل قاب : $\begin{cases}\Sigma F_y=0\Rightarrow \bar{R}_B=\bar{D}_y=1\\ \Sigma F_x=0\Rightarrow \bar{A}_x=1\end{cases}$



AB قطعهٔ : $\Sigma M_B=0\Rightarrow M_A=0$

BCD قطعهٔ : $\Sigma M_B=0\Rightarrow D_y=\frac{M}{L}$

در کل قاب : $\begin{cases}\Sigma F_y=0\Rightarrow R_B=D_y=\frac{M}{L}\\ \Sigma F_x=0\Rightarrow A_x=0\end{cases}$



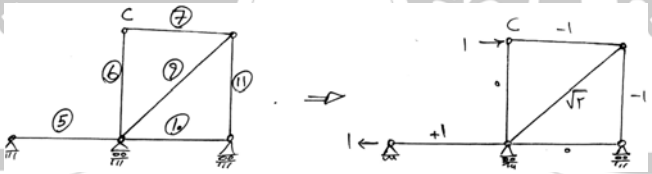
$$\Delta_D = \int \frac{M\bar{M}}{EI}\,dx + \int \bar{M} \times \frac{\alpha}{h} \times (T_b - T_t)\,dx + \int \bar{N}\left(\frac{T_b + T_t}{2} - T_0\right)\alpha\,dx$$

$$\Delta_D = \left[\frac{1}{EI} \times \left(\frac{M \times L \times L}{3}\right)\right] + \frac{\alpha}{h} \times (T_0 - 3T_0) \times \left(L \times \frac{L}{2}\right) + 0 = \frac{ML^2}{3EI} - \frac{\alpha L^2 T_0}{h} = 0 \Rightarrow M = \frac{3\alpha EIT_0}{h}$$

تذکر: با توجه به صفر بودن $\bar{N}$ در عضو تحت گرادیان حرارتی، عبارت سوم در سمت راست تساوی صفر می‌شود.

(۴) -۶۵ ٪۳۵

با انتخاب بخشی پایدار و معین از خرپا داریم:

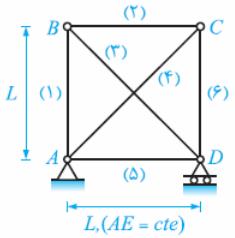


$$\Delta_{C_x} = \frac{N_7 \times (-1) \times L}{AE} + \frac{N_5 \times (+1) \times L}{AE} + \frac{N_{11}(-1) \times L}{AE} + \frac{N_9(\sqrt{2}) \times \sqrt{2}L}{AE}$$

$$\Delta_{C_x} = \frac{L}{AE}(-N_7 + N_5 - N_{11} + 2N_9)$$

این سؤال مشابه تمرین ۱۲-۲۱ صفحه ۱۱۲ جلد ۲ کتاب تحلیل سری عمران می‌باشد.

تمرین ۱۲-۲۱: خرپای نامعین مقابل مفروض است اگر نیروی محوری اعضاء در اثر بارگذاری دلخواه را F_i بنامیم، تغییر مکان افقی نقطهٔ C برابر است با:



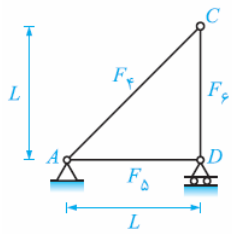
۱) $\frac{L}{AE}(\sqrt{2}F_4 - F_6)$

۲) $\frac{L}{AE}(F_4 - 2F_6)$

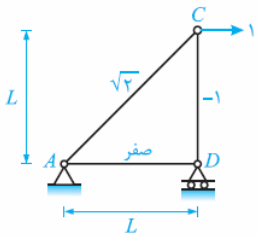
۳) $\frac{L}{AE}(2F_4 - F_6)$

۴) $\frac{L}{AE}(F_4 - \sqrt{2}F_6)$

حل: نیروهای اعضاء خرپا در اثر بارگذاری را با توجه به اطلاعات سؤال می‌دانیم. با توجه به نکتهٔ اشاره شده، قسمت پایدار و معین ACD را از این خرپا جدا می‌کنیم (دقت شود که انتخاب ACD به این دلیل است که با توجه به گزینه‌ها اعضاء (۴) و (۶) باید در سازهٔ جدا شده حضور داشته باشد). در ادامه با استفاده از روش کار مجازی تغییر مکان افقی C را محاسبه می‌کنیم. سازهٔ اصلی و مجازی در این حالت به صورت مقابل خواهد بود:



(سازهٔ اصلی جدا شده)



(سازهٔ مجازی متناظر)

در ادامه مطابق فصل پنجم، جابه‌جایی افقی نقطهٔ C به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta_{C_x} = \Sigma \frac{F\bar{F}L}{AE} = \frac{F_4 \times \sqrt{2} \times \sqrt{2}L}{AE} + \frac{F_6 \times (-1) \times L}{AE} = \frac{L}{AE}(2F_4 - F_6)$$

بنابراین گزینهٔ (۳) پاسخ صحیح است.

مکانیک خاک و مهندسی پی

(۳) -۶۶ ٪۸۰

$$\gamma = \frac{G_s(1+\omega)}{1+e}\gamma_w \Rightarrow 1/5 = \frac{2/5\times(1+0/2)}{1+e}\times 1 \Rightarrow e = 1$$

در حالت اول داریم:

$$\omega = 0/2 = 20\%$$

در حالت دوم که خاک اشباع می‌شود، با توجه به ثابت ماندن حجم خاک، e نیز ثابت بوده و همان $e = 1$ است. بنابراین خواهیم داشت:

$$\omega G_s = s_r e \Rightarrow \omega\times 2/5 = 1\times 1 \Rightarrow \omega = 0/4 = 40\%$$

پس افزایش درصد رطوبت خاک برابر است با:

$$\Delta\omega = 40\% - 20\% = 20\%$$

این تست تقریباً مشابه تست ۱۰ از فصل اول کتاب مکانیک خاک سری عمران است که در صفحهٔ ۵۵ آمده است.

یک لایه خاک درشت‌دانه به ضخامت ۵ متر برروی یک بستر سنگی قرار دارد. لایهٔ مورد نظر خشک بوده و وزن مخصوص آن برابر $1800\ kg/m^3$ می‌باشد. چند سانتی‌متر بارندگی در منطقه باعث اشباع شدن این لایه می‌گردد؟ از تبخیر و خروج آب از لایهٔ مذکور صرف‌نظر کنید و چگالی دانه‌های جامد خاک را برابر ۲/۷ درنظر بگیرید.

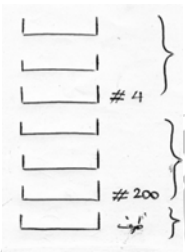
۱) ۲۵۰ ۲) ۱۶۷ ۳) ۱۵۰ ۴) ۱۳۳

$$\gamma_d = \frac{G_s\gamma_w}{1+e} \Rightarrow 1800 = \frac{2/7\times 1000}{1+e} \Rightarrow e = 0/5 \Rightarrow n = \frac{e}{1+e} = \frac{0/5}{1+0/5} = \frac{1}{3}$$

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{H_v}{H} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{H_v}{5} \Rightarrow H_v = \frac{5}{3}m = 167\ cm$$

(۳) -۶۷ ٪۹۰

با توجه به شکل می‌توان نوشت:



$$\text{شن} = \frac{500}{1000}\times 100 = 50\%$$

$$\text{ماسه} = \frac{300}{1000}\times 100 = 30\%$$

$$\text{ریزدانه} = \frac{200}{1000}\times 100 = 20\%$$

پس برای تعیین نام خاک براساس روش متحد (یونیفاید) خواهیم داشت:

الف) حرف اول:

$$P_{200} = 20\% < 50\% \Rightarrow S \text{ یا } G \xrightarrow{\text{شن بیشتر از ماسه است}} G$$

ب) حرف دوم:

$$P_{200} = 20\% > 12\% \Rightarrow \text{حرف دوم } C \text{ یا } M \text{ است}$$

$$PI_A = 0/73(60-20) = 29/2 > PI = 60-40 = 20 \Rightarrow$$ خاک زیر خط A است و لای (M) می‌باشد.

بنابراین نام خاک GM است.

این تست مشابه تست ۴۷ از فصل اول کتاب مکانیک خاک سری عمران است که در صفحهٔ ۶۰ آمده است.

در یک نمونهٔ خاک درصد گذرنده از الک‌های شمارهٔ ۴ و ۲۰۰ به‌ترتیب برابر ٪۶۰ و ٪۲۵ است. اگر حد روانی و حد خمیری بخش ریزدانه آن به‌ترتیب ۲۳ و ۲۰ باشند، نام این خاک در سیستم طبقه‌بندی متحد کدام است؟

۱) SC ۲) SM ۳) GM ۴) GC

باتوجه به گزینه‌ها مشخص است که خاک درشت‌دانه است (حرف اول آن S یا G می‌باشد) و حرف دوم آن نیز براساس ریزدانه (M یا C) می‌باشد.

الف- تعیین نوع درشت‌دانه برای حرف اول

$$F_{۴}^{*}=(\frac{F_{۴}-F_{۲۰۰}}{۱۰۰-F_{۲۰۰}})\times ۱۰۰=(\frac{۶۰-۲۵}{۱۰۰-۲۵})\times ۱۰۰=(\frac{۳۵}{۷۵})\times ۱۰۰<۵۰٪ \Rightarrow G$$

ب- تعیین نوع ریزدانه برای حرف دوم

$$PI=۲۳-۲۰=۳<۴ \Rightarrow M$$

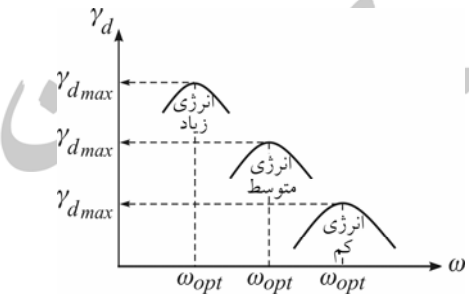
پس نام خاک در سیستم طبقه‌بندی متحد $\boxed{GM}$ است.

(۳) -۶۸ ٪۵۰

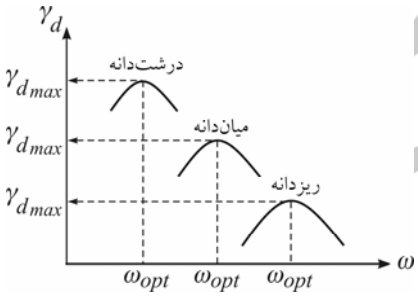
هر چه خاک درشت دانه‌تر باشد و انرژی تراکم بیشتر باشد، تراکم بهتری خواهیم داشت. تراکم بهتر یعنی حرکت منحنی تراکم به سمت راست و بالا. با توجه به این توضیحات شکل‌های ب و د صحیح می‌باشند. یعنی گزینهٔ (۳) صحیح است.

توجه کنید که اولاً تعداد ضربات بیشتر در تراکم به معنی انرژی بیشتر است، ثانیاً شن (G) درشت‌دانه‌تر از ماسه (S) و ماسه درشت‌دانه‌تر از رس (C) است.

مطالب مورد سؤال در این تست در شکل‌های (۱-۲۵) و (۱-۲۶) از فصل اول کتاب سری عمران آمده است که می‌توانید آنرا در صفحهٔ ۴۸ کتاب ملاحظه کنید.



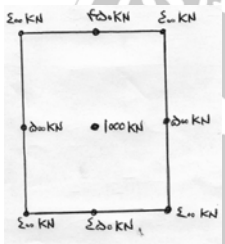
شکل (۱-۲۵)



شکل (۱-۲۶)

(۱) -۶۹ ٪۳۰

اطلاعات داده شده در مورد بار ستون‌ها را به شکل زیر نشان می‌دهیم:



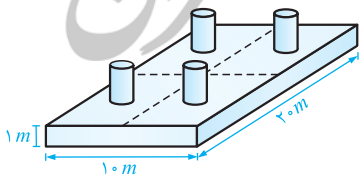
با توجه به تقارن بارگذاری وارد بر پی واضح است که $\sum M$ حول مرکز پی صفر بوده و هیچگونه خروج از مرکزیتی نداریم. در نتیجه توزیع تنش در زیر پی یکنواخت بوده و برابر است با:

$$q=\frac{\sum P}{A}=\frac{۱۰۰۰+۴\times ۴۰۰+۲\times ۵۰۰+۲\times ۴۵۰}{۱۰\times ۱۵}=۳۰<۲۰۰\ kPa$$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

این تست مشابه تمرین ۲۵ از فصل دوم کتاب پی‌سازی سری عمران است که در صفحهٔ ۱۴۲ آمده است.

اگر به‌جای یک سیلو، چهار سیلوی مشابه با ظرفیت ذخیرهٔ $۱۲۵۰ton$ گندم، بصورت متقارن (مطابق شکل) روی پی مستقر شوند و وزن پی را نیز لحاظ کنیم، در آن صورت چه تنشی در زیر پی ایجاد می‌شود؟ ($\gamma_{\text{بتن}}=۲/۵ton/m^{۳}$)



حل: بارهای وارد از طرف سیلوها نسبت به پی متقارن هستند. همچنین وزن پی نیز بصورت یک بار گستردهٔ یکنواخت و متقارن به خاک اعمال می‌شود. بنابراین توزیع تنش در زیر پی نیز یکنواخت (متقارن) بوده و بصورت زیر بدست می‌آید:

$$q = \frac{\sum P}{A} = \frac{W + 4F}{BL}$$

$$W_{(\text{وزن پی})} = \gamma \underbrace{V}_{\text{حجم پی}} = 2/5 \times (10 \times 20 \times 1) = 500\, ton$$

$$\Rightarrow q = \frac{500 + 4 \times 1250}{20 \times 10} = 27/5\, ton/m^2 = 2/75\, kg/cm^2$$

(۴) -۷۰

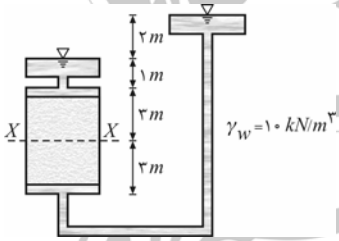
٪۶۰

$$P = \gamma_w\, \Delta H = 10 \times 2 = 20\, kN/m^2 \quad \text{یا} \quad P = i\, z\, \gamma_w = \left(\frac{2}{4}\right) \times 4 \times 10 = 20\, kN/m^2$$

$$F_P = P \times A = 20 \times 200 \times 10^{-4} = 0/4\, kN$$

این تست مشابه تست ۴۱ از فصل دوم کتاب مکانیک خاک سری عمران است که در صفحهٔ ۱۴۶ آمده است.

در لایهٔ خاک نشان داده شده در شکل مقابل، میزان فشار تراوش حداکثر آب ..... .



۱) برابر $10\, kN/m^2$ است و جهت آن رو به بالا است.

۲) برابر $10\, kN/m^2$ است و جهت آن رو به پایین است.

۳) $20\, kN/m^2$ است و جهت آن رو به پایین است.

۴) دو برابر فشار تراوش در مقطع $(X - X)$ است.

جهت فشار تراوش در خاک هم‌جهت با حرکت آب می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌کنید، در این سؤال حرکت آب در خاک به سمت بالا بوده و جهت فشار تراوش هم به سمت بالا خواهد بود.

فشار تراوش در پایین‌ترین قسمت لایهٔ خاک، (محلی که حداکثر طول را دارد و $z = L$ است) حداکثر بوده و برابر است با:

$$P_{max} = \Delta H\, \gamma_w = 2 \times 10 = 20\, kN/m^2$$

فشار تراوش در مقطع $(X - X)$ نیز به‌صورت زیر محاسبه می‌شود: $P = i\, z\, \gamma_w = \left(\frac{2}{6}\right)(3)(10) = 10\, kN/m^2 \Rightarrow P_{max} = 2P_{(X-X)}$

(۱) -۷۱

٪۵۰

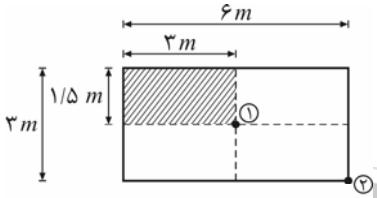
$$\begin{cases} \dfrac{\Delta\sigma_{z_A}}{\Delta\sigma_{z_B}} = \dfrac{q_A \times I_A}{q_B \times I_B} \xrightarrow{q_A = q_B = q} \dfrac{\Delta\sigma_{z_A}}{\Delta\sigma_{z_B}} = \dfrac{I_A}{I_B} \\ I_A = 4 I'_A \;,\; I'_A = f\left(m = n = \dfrac{a}{2} = 0/5\right) \overset{\text{نمودار}}{=\!=} 0/08 \Rightarrow I_A = 4 \times 0/08 = 0/32 \\ I_B = f\left(m = n = \dfrac{a}{a} = 1\right) \overset{\text{نمودار}}{=\!=} 0/18 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta\sigma_{z_A}}{\Delta\sigma_{z_B}} = \frac{0/32}{0/18} = 1/78 \simeq 1/8$$

این تست مشابه است با تمرین‌های ۷ و ۸ فصل چهارم کتاب خاک است که در صفحات ۲۲۷ و ۲۲۸.

یک پی مستطیلی به ابعاد $3m \times 6m$ تحت بار قائم $250kN$ قرار دارد و در این حالت اضافه تنش قائم در عمق ۵ متری زیر مرکز پی برابر $3/6\, kN/m^2$ است. اگر بار وارد بر پی دوبرابر شود، اضافه تنش قائم در عمق ۱۰ متری زیر گوشه پی با استفاده از حل بوسینسک چقدر خواهد بود؟

حل: با ترسیم شکل پی داریم:



$$\begin{cases} m_1 = \frac{L_1}{z_1} = \frac{3}{5} \ , \ n_1 = \frac{B_1}{z_1} = \frac{1/5}{5} = \frac{3}{10} & \text{(ناحیه هاشورخورده)} \\ m_2 = \frac{L_2}{z_2} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5} \ , \ n_2 = \frac{B_2}{z_2} = \frac{3}{10} & \text{(کل پی مستطیلی)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \ m_1 = m_2 \ , \ n_1 = n_2$$

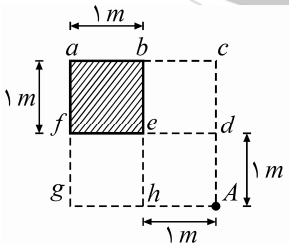
نتیجه آنکه ضریب تأثیر ناحیه هاشورخورده و کل پی مستطیلی باهم برابرند. بنابراین باتوجه به اینکه ناحیه هاشورخورده یک چهارم کل مستطیل است، خواهیم داشت:

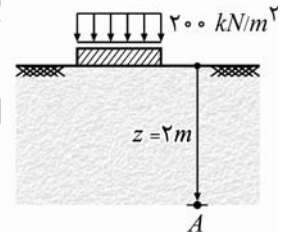
$$I_{r_1} = 4 I_{r_2}$$

و از آنجا به‌دست می‌آید:

$$\frac{\Delta\sigma_{z_2}}{\Delta\sigma_{z_2}} = \frac{q_2 \times I_{r_2}}{q_1 \times I_{r_1}} \Rightarrow \frac{\Delta\sigma_{z_2}}{3/6} = \frac{(\frac{500}{6\times3})(I_{r_2})}{(\frac{250}{6\times3})(4\, I_{r_2})} \Rightarrow \Delta\sigma_{z_2} = 1/8 \ kN/m^2$$

مطابق شکل بار گسترده‌ای با شدت یکنواخت $200\ kN/m^2$، برروی یک پی مربعی وارد می‌شود. باتوجه به ابعاد پی و نیز جدول ارائه شده برای ضریب تأثیر، با استفاده از رابطهٔ $\Delta\sigma_z = q I_r$، اضافه تنش قائم در نقطهٔ A را محاسبه کنید.





m	n	I
۱	۱	۰/۱۷۵
۰/۵	۰/۵	۰/۰۸۵
۱	۰/۵	۰/۱۲

شکل (۴-۱۳)

حل:

$$\Delta\sigma_{z_A} = q I_r \quad , \quad I_r = f(m,n) \quad , \quad m = \frac{L}{z} \quad , \quad n = \frac{B}{z}$$

$$\Delta\sigma_{z_A} = q\left[I_{acAg} - I_{bcAh} - I_{fdAg} + I_{edAh}\right]$$

$$\begin{cases} I_{acAg} = I(\frac{2}{2}, \frac{2}{2}) = I(1,1) = 0/175 \\ I_{bcAh} = I_{fdAg} = I(\frac{2}{2}, \frac{1}{2}) = I(1, 0/5) = 0/12 \\ I_{edAh} = I(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}) = I(0/5, 0/5) = 0/085 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \ \Delta\sigma_{z_A} = 200 \times (0/175 - 2 \times 0/12 + 0/085) = 4 \ kN/m^2$$

۷۲- (۱) ٪۵۰

طبق اطلاعات داده شده در صورت سؤال داریم: $\theta = 30^\circ \ , \ \tau_f = 173 = 100\sqrt{3}\ kPa \ , \ \sigma_f = 346 = 200\sqrt{3}\ kPa$

پس با توجه به دایره مور مربوط به تنش‌های المان خاک خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \tau_f = (\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}) \sin 2\theta \ \Rightarrow \ 100\sqrt{3} = (\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}) \times \sin 60^\circ \ \Rightarrow \ \sigma_1 - \sigma_3 = 400\ kPa \\ \sigma_f = (\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}) + (\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}) \cos 2\theta \ \Rightarrow \ 346 = (\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}) + (\frac{400}{2}) \times \cos 60 \ \Rightarrow \ \sigma_1 + \sigma_3 = 492 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \ \sigma_1 = 446 \ , \ \sigma_3 = 46$$

این تست مشابه تمرین ۳ از فصل ۶ کتاب مکانیک خاک سری عمران است که در صفحهٔ ۳۵۹ آمده است.

تنش‌های قائم و برشی در صفحهٔ شکست یک خاک ماسه‌ای به‌ترتیب برابر $۱۵۰\ kN/m^۲$ و $۵۰\sqrt{۳}\ kN/m^۲$ می‌باشند. زاویهٔ اصطکاک داخلی خاک ماسه‌ای و تنش‌های اصلی در هنگام گسیختگی خاک را به‌دست آورید.

حل: ابتدا زاویهٔ اصطکاک داخلی خاک را محاسبه می‌کنیم:

$$\tau_f = \sigma_f \tan\phi + c \quad , \quad c = ۰ \text{ (خاک ماسه‌ای)} \Rightarrow ۵۰\sqrt{۳} = ۱۵۰ \tan\phi + ۰ \Rightarrow \phi = ۳۰^\circ$$

حال با استفاده از رابطهٔ گسیختگی تنش‌های اصلی و نیز رابطهٔ (۶-۱۱) خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \sigma_۱ = \sigma_۳ \tan^۲\theta + ۲c\tan\theta \quad , \quad \theta = ۴۵ + \dfrac{\phi}{۲} = ۴۵ + \dfrac{۳۰}{۲} = ۶۰^\circ \\ \tau_f = \left(\dfrac{\sigma_۱ - \sigma_۳}{۲}\right)\sin ۲\theta \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_۱ = \sigma_۳ \tan^۲ ۶۰ + ۰ \\ ۵۰\sqrt{۳} = \left(\dfrac{\sigma_۱ - \sigma_۳}{۲}\right)\sin ۱۲۰ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_۱ = ۳\sigma_۳ \\ \sigma_۱ - \sigma_۳ = ۲۰۰ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_۳ = ۱۰۰\ kN/m^۲ \\ \sigma_۱ = ۳۰۰\ kN/m^۲ \end{cases}$$

(۲) -۷۳ ٪۶۰

در خاک‌های رسی عادی تحکیم یافته در لحظه گسیختگی $۰/۵ < A_f < ۱$ است و اگر رس کمی پیش تحکیم یافته باشد، $۰ < A_f < ۰/۵$ و در رس‌های بسیار پیش تحکیم یافته $-۰/۵ < A_f < ۰$ است. توجه کنید که در خاک‌های رس عادی تحکیم یافته در لحظهٔ گسیختگی با کاهش حجم و انقباض مواجه می‌شویم در حالیکه در خاک‌های رسی پیش تحکیم یافته با افزایش حجم و اتساع مواجه هستیم.

مطالب مورد سؤال در این تست در جدول ارائه شده در صفحه ۳۷۷ (فصل ۶) از کتاب مکانیک خاک سری عمران آمده است.

A_f	توصیف خاک
بزرگتر از یک	خاکهای رسی با حساسیت زیاد
بین ۱ تا ۰/۵	خاک با قابلیت فشردگی زیاد یا رس عادی‌تحکیم‌یافته $(OCR = ۱)$
بین ۰/۵ تا صفر	خاک با قابلیت فشردگی کم یا رس با پیش‌تحکیمی جزئی $(OCR < ۴)$
بین صفر تا ۰/۵-	خاک با قابلیت فشردگی بسیار کم یا رس بسیار پیش‌تحکیم‌یافته $(OCR > ۴)$

(؟) -۷۴ ٪۱۰

این سؤال ایراد دارد و اساساً غلط است. زیرا اولاً هیچ خاکی در طبیعت وجود ندارد که در آن $e = ۴$ باشد (بیشترین مقدار e موجود در طبیعت برابر ۳ است که مربوط به رس آبی نرم است.) ثانیاً برای محاسبهٔ نشست تحکیم لایهٔ رسی بایستی $\sigma'_۰$ در وسط لایهٔ رسی را داشته باشیم که مقدار آن با آنچه در نمودار صورت سؤال نشان داده شده به هیچ وجه همخوانی ندارد. زیرا:

$$\sigma'_۰ = \gamma' z \xrightarrow[z = \frac{H}{۲} = ۵m]{\text{مثلاً } \gamma_{sat} = ۱۸\ kN/m^۳} \sigma'_۰ = (۱۸ - ۱۰) \times ۵ = ۴۰\ kPa$$

حال فرض کنید (هر چند غلط!) که مثلاً نمودار ایده‌آل شده برای محاسبهٔ نشست از $\sigma' = ۱\ kPa$ تا $\sigma' = ۸\ kPa$ تقریباً افقی باشد. در این حالت با توجه به اطلاعات داده شده در صورت سؤال داریم:

$$e_۰ = ۴ \quad , \quad \sigma'_۰ = ۸\ kPa$$
$$\sigma'_f = \sigma'_۰ + \Delta\sigma' = ۸ + ۱۶ = ۲۴\ kPa \quad , \quad e_f = ?$$

حال با توجه به خطی بودن منحنی تحکیم در قسمت پر شیب، مقدار e_f را از طریق انترپوله خطی می‌یابیم:

$\log ۱۰۰ = ۲$	$\log ۲۴^*$	$\log ۱۰ = ۱$
$e_۱ = ۱/۵$	e_f	$e_۲ = ۳/۵$

$$\log^* ۲۴ = \log ۱۰ + \log ۲/۴ \simeq \log ۱۰ + \log ۲/۵ = \log ۱۰ + \log ۱۰ - \log ۴ = ۱ + ۱ - ۲\log ۲ = ۲ - ۲\times ۰/۳ = ۱/۴$$

$$\frac{۲-۱}{۱/۵-۳/۵} = \frac{۲-۱/۴}{۱/۵-e_f} \Rightarrow e_f = ۲/۷$$

و در نهایت با استفاده از رابطهٔ کلی تغییر شکل در تحکیم، می‌نویسیم:

$$\frac{\Delta H}{H_\circ} = \frac{\Delta e}{۱+e_\circ} \Rightarrow \frac{\Delta H}{۱۰} = \frac{۴-۲/۷}{۱+۴} \Rightarrow \Delta H = ۲/۶\,m \simeq ۲/۵\,m$$

حال اگر فرض کنیم $\sigma'_\circ = ۱\,kPa$ است، در آن صورت $\sigma'_f = ۱+۱۶ = ۱۷\,kPa$ خواهد شد و e_f مشابه با آنچه قبلاً انجام دادیم برابر ۳ خواهد شد. بنابراین به طریق مشابه می‌توان نوشت:

$$\frac{\Delta H}{H_\circ} = \frac{\Delta e}{۱+e_\circ} \Rightarrow \frac{\Delta H}{۱۰} = \frac{۴-۳}{۱+۴} \Rightarrow \Delta H = ۲\,m$$

۷۵- (۱)

٪۶۰

$$T_v = \frac{C_v \times t}{H_{dr}^۲} = \frac{(۵\times ۱۰^{-۳})(۵)}{(۱۰\times ۱۰۰\times \frac{۱}{۲})^۲} = ۰/۱ \xrightarrow{\text{جدول}} U_z = ۰/۰۶ = ۶٪$$

این تست تقریباً مشابه تست ۳۴ از فصل پنجم کتاب مکانیک خاک سری عمران است که در صفحهٔ ۳۰۰ آمده است.

دراثر نوعی بارگذاری، تنش قائم در مرکز یک لایهٔ رس به ضخامت ۱۰ متر از $۳\,kg/cm^۲$ به $۵\,kg/cm^۲$ افزایش می‌یابد. در صورتی که ضریب تحکیم $۲۵۰۰۰\,cm^۲/year$ باشد و لایه از دو طرف زهکشی شود زمان لازم برای رسیدن به ٪۷۰ تحکیم چقدر است؟ $(T_{v_{۷۰٪}} = ۰/۴۰۳)$

۱) ۴/۰۳ سال ۲) ۴۰/۳ سال ۳) ۱۳/۸ سال ۴) ۱/۳۸ سال

$$T_v = \frac{C_v . t}{H_{dr}^۲} \Rightarrow ۰/۴۰۳ = \frac{۲۵۰۰۰\,t}{۲۵\times ۱۰^۴} \Rightarrow t = ۴/۰۳\,year$$

۷۶- (۲)

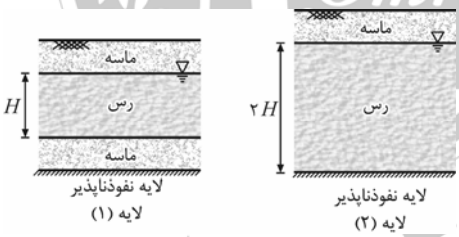
٪۹۰

$$U_A = U_B = ۹۰٪ \Rightarrow T_{v_A} = T_{v_B} \Rightarrow \frac{C_{v_A} \times t_A}{H_{dr_A}^۲} = \frac{C_{v_B} \times t_B}{H_{dr_B}^۲}$$

$$\xrightarrow[C_{v_A} = C_{v_B}]{\text{جنس دو لایه یکسان است}} \frac{t_A}{t_B} = \left(\frac{H_{dr_A}}{H_{dr_B}}\right)^۲ = \left(\frac{۵\times \frac{۱}{۲}}{۴}\right)^۲ = \frac{۲۵}{۶۴} = ۰/۳۹$$

این تست مشابه تست ۵۶ از فصل پنجم کتاب مکانیک خاک سری عمران است که در صفحهٔ ۳۰۴ آمده است.

در شکل روبرو، دو لایه از یک نوع خاک رس نشان داده شده است که هر دو تحت اثر بار خارجی یکسان قرار گرفته‌اند. در صورتیکه لایه شماره (۱) در مدت یک سال به ٪۸۰ تحکیم خود برسد، در آن‌صورت لایه شماره (۲) در چه مدتی به همان درصد تحکیم خواهد رسید؟



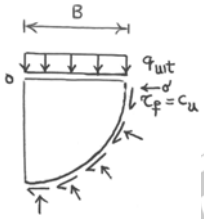
۱) ۲ سال ۲) ۴ سال
۳) ۸ سال ۴) ۱۶ سال

با استفاده از رابطه (۵-۳۰) می‌نویسیم:

$$\frac{t_۱}{t_۲} = \left(\frac{H_{dr_۱}}{H_{dr_۲}}\right)^۲ \Rightarrow \frac{۱}{t_۲} = \left(\frac{\frac{H}{۲}}{۲H}\right)^۲ \Rightarrow t_۲ = ۱۶\,year$$

(۲) -۷۷ ٪۷۰

با ترسیم دیاگرام آزاد ناحیه گسیختگی خواهیم داشت:

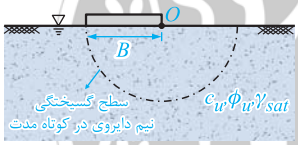


$$\sum M_o = ۰ \Rightarrow q_{ult} \times (B \times L) \times (\frac{B}{۲}) = c_u \times (\frac{\pi B}{۲} \times L) \times (B)$$

$$\Rightarrow q_{ult} = \pi c_u = ۳/۱۴ \times ۵۰ = ۱۵۷ \ kPa$$

این تست مشابه تمرین ۲ از فصل دوم کتاب پی‌سازی سری عمران است که در صفحهٔ ۱۱۰ آمده است.

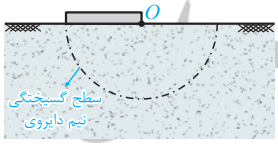
هرگاه خاک زیر یک پی نواری، صرفاً چسبنده بوده و در شرایط زهکشی نشده بارگذاری شود، ساده‌ترین فرض ممکن برای سطح گسیختگی برشی ایجاد شده در خاک، بصورت یک نیم دایره مطابق شکل مقابل خواهد بود. در این صورت ظرفیت باربری نهایی خاک (q_{ult}) را محاسبه کنید.



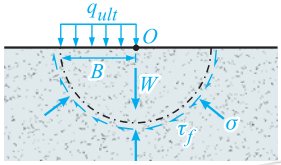
حل: از مکانیک خاک به یاد داریم که برای خاک رسی در شرایط زهکشی نشده، مقاومت برشی فقط توسط عامل چسبندگی تأمین شده و آن را مقاومت برشی زهکشی نشده ($\tau_f = c_u$) می‌نامیم. در سطح گسیختگی مشخص شده در این تمرین، در حالت حدی نهایی تنش برشی روی سطح گسیختگی (τ) برابر تنش برشی بسیج شدهٔ خاک (τ_d) بوده که با تنش برشی نهایی خاک یا همان مقاومت برشی (τ_f) برابر است. لذا می‌توان نوشت:

$$\tau = \tau_d = \tau_f = c_u$$

حال طبق روند اشاره شده برای تعیین q_{ult}، مراحل زیر را طی می‌کنیم:



۱) ابتدا سطح گسیختگی مناسب را در زیر پی در نظر می‌گیریم. طبق توضیحات صورت سؤال این سطح بصورت تقریبی به شکل یک نیم دایره است.



۲) دیاگرام جسم آزاد ناحیهٔ گسیختگی را رسم می‌نماییم. در رسم دیاگرام فرض بر آن است که خاک زیر پی به مقاومت نهایی خود رسیده است و لذا تنش ایجاد شده در این قسمت برابر q_{ult} می‌باشد. همچنین در سطح گسیختگی نیم دایروی، شاهد یکسری تنش‌های عمودی و برشی (τ, σ) هستیم. W نیز وزن تودهٔ خاک در ناحیهٔ گسیختگی است.

۳) برای شکل فوق، یک رابطهٔ تعادل مناسب نوشته و q_{ult} را از آن طریق محاسبه می‌کنیم. در این شکل تعادل لنگرها حول مرکز نیم‌دایره (O)، مناسب‌ترین رابطه می‌باشد (چرا؟) و داریم:

$$\sum M_O = ۰ \Rightarrow \underbrace{q_{ult} \times (B \times L)}_{q_{ult}\text{ مساحت اثر}} \times \underbrace{\frac{B}{۲}}_{\text{بازوی لنگر}} = \underbrace{\tau_f}_{\text{بازوی لنگر}} \times \underbrace{(\pi B \times L)}_{\tau\text{ مساحت اثر}} \times \underbrace{B}_{\text{بازوی لنگر}}$$

$$\Rightarrow q_{ult} = ۲\pi\tau_f \xrightarrow{\tau_f = c_u} q_{ult} = ۲\pi c_u$$

توجه شود که تنش‌های عمودی σ و نیروی وزن W، همگی از مرکز دایره عبور کرده و لنگری حول O ایجاد نمی‌کنند.

(۳) -۷۸ ٪۶۰

رابطهٔ محاسبهٔ ضریب اطمینان در برابر لغزش به‌صورت زیر است:

$$F.S._{\text{لغزش}} = \frac{P \tan\delta + C_۱ A}{Q}$$

که با توجه به اطلاعات صورت سؤال داریم:

$$P = ۱۰۰۰ \ kN \ , \ Q = ۲۰۰ kN \ , \ \delta = \tan^{-۱}(\frac{۲}{۳} \times ۰/۴۵) \Rightarrow \tan\delta = ۰/۳$$

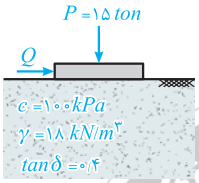
$$C_۱ = \frac{۲}{۳} C = \frac{۲}{۳} \times ۹۰ = ۶۰ \ kPa \ , \ A = ۲ \times ۲ = ۴ \ m^۲$$

پس با جایگذاری در رابطهٔ ضریب اطمینان، خواهیم داشت:

$$F.S._{\text{لغزش}} = \frac{۱۰۰۰ \times ۰/۳ + ۶۰ \times ۴}{۲۰۰} = ۲/۷$$

این تست مشابه تست‌های ۵۰ و ۷۶ از فصل دوم کتاب پی‌سازی سری عمران است که به‌ترتیب در صفحات ۱۹۶ و ۲۰۱ آمده‌اند.

یک پی دایره‌ای به قطر $۲\,m$ تحت بار قائم $۱۵\,ton$ قرار دارد. اگر ضریب اطمینان در برابر لغزش، ۱/۵ منظور گردد، مقدار Q_{max} تقریباً کدام است؟ ($\pi \simeq ۳$ فرض شود و چسبندگی خاک و پی را برابر چسبندگی خاک در نظر بگیرید.)



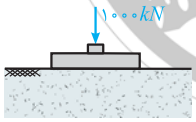
۱) $۱۲\,ton$
۲) $۲۴\,ton$
۳) $۳۶\,ton$
۴) $۴۸\,ton$

برای محاسبه ضریب اطمینان در برابر لغزش می‌نویسیم:

$$F.S.=\frac{F_R}{F_d}=\frac{P\tan\delta+c_aA}{Q}\Rightarrow ۱/۵=\frac{۱۵\times۰/۴+۱۰\times(\frac{\pi\times۲^۲}{۴})}{Q_{max}}\Rightarrow Q_{max}=۲۴$$

توجه: $c=۱۰۰\,kPa=۱۰\,ton/m^۲$ و c_a چسبندگی خاک و پی است که در این سؤال (طبق صورت سؤال) با هم برابرند.

در یک پی مربع شکل به ابعاد ۲×۲ متر و تحت بار قائم ۱۰۰۰ کیلو نیوتن، اگر یک بار افقی به میزان $۲۸۰\,kN$ اعمال شود، ضریب اطمینان در برابر لغزش کدام است؟ ($c=۵۰\,kN/m^۲$ ،$\gamma=۱۸\,kN/m^۳$ و $\tan\delta=۰/۵$)



۱) ۱/۵
۲) ۲
۳) ۲/۵
۴) ۳

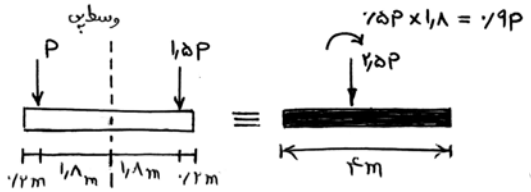
$$F.S.=\frac{F_R}{F_d}=\frac{P\tan\delta+c_aA}{Q}$$

با فرض $\delta=\phi$ و $c_a=c$ می‌نویسیم:

$$F.S.=\frac{P\tan\phi+cA}{Q}=\frac{۱۰۰۰\times۰/۵+۵۰\times۲^۲}{۲۸۰}=۲/۵$$

۷۹- (۱) ٪۳۰

پی تحت اثر بارهای وارده دارای خروج از محوریت است که به شرح زیر آن را می‌یابیم:



$$e=\frac{\sum M}{\sum P}=\frac{۰/۹P}{۲/۵P}=۰/۳۶\,m$$

حال با استفاده از روش هانسن می‌نویسیم:

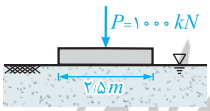
$$B',L'=min\ ,\ max\ \{B-۲e_B\ ,\ L-۲e_L\}=min\ ,\ max\ \{۲-۰\ ,\ ۴-۲\times۰/۳۶\}\Rightarrow B'=۲\ ,\ L'=۳/۲۸$$

$$S_\gamma=۱-۰/۴\frac{B'}{L'}=۱-۰/۴\times(\frac{۲}{۳/۲۸})\simeq۰/۷۵$$

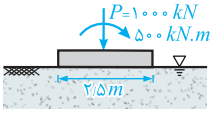
این تست مشابه قسمت‌های ب و ج از تمرین ۱۷ در فصل دوم کتاب پی‌سازی سری عمران است که در صفحه ۱۳۱ آمده است.

یک پی مستطیل شکل به ابعاد $۳m\times۲/۵m$ تحت اثر بار محوری $۱۰۰۰\,kN$ مطابق شکل زیر قرار دارد. خاک زیر پی، ماسه اشباع می‌باشد. ظرفیت باربری خاک را براساس نظریهٔ هانسن در سه حالت زیر بیابید: ($\gamma_{sat}=۲۰\,kN/m^۳$ ،$N_\gamma=۱۰۰$ ،$s_\gamma=۱-۰/۴\frac{B}{L}$ ،$s_c=۱/۲$ و $\pi=۳$)

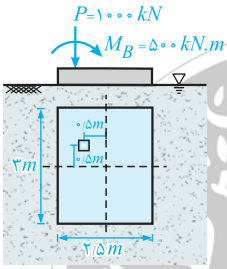
الف) بار در مرکز سطح پی وارد شده باشد.



ب) بار در مرکز سطح پی وارد شده و لنگر خمشی $M_B = ۵۰۰\,kN.m$ باشد.



ج) بار دارای خروج از مرکزیت $۰/۵\,m$ در هر دو جهت عرض و طول پی بوده و لنگر خمشی $M_B = ۵۰۰\,kN.m$ باشد.



حل: رابطهٔ ظرفیت باربری طبق نظریهٔ هانسن بصورت زیر می‌باشد:

$$q_{ult} = cN_c s_c + qN_q s_q + ۰/۵\,\gamma BN_\gamma s_\gamma$$

ملاحظه می‌کنید با آنکه هانسن تمامی ضرایب فرعی را در نظر می‌گیرد، ولی چون عوامل عمق، امتداد بار، شیب بستر پی و شیب زمین کنار پی در این سؤال تأثیرگذار نیستند، بنابراین ضرایب فرعی مربوط به آنها برابر یک لحاظ می‌شود و تنها اثر ضریب شکل لحاظ می‌گردد. حال به بررسی ترم‌های سه‌گانهٔ این رابطه می‌پردازیم:

$$\begin{cases} \text{خاک ماسه‌ای} \Rightarrow c = ۰ \\ \text{پی در سطح خاک} \Rightarrow q = ۰ \end{cases} \Rightarrow q_{ult} = ۰/۵\,\gamma BN_\gamma s_\gamma$$

اکنون هر یک از حالت‌های خواسته شده را بررسی می‌کنیم.

ب) در این حالت به علت وجود لنگر خمشی، بارگذاری خارج از مرکز بوده و لذا در رابطهٔ ظرفیت باربری از ابعاد مؤثر استفاده می‌شود.

$$q_{ult} = ۰/۵\,\gamma_e B' N_\gamma s'_\gamma$$

برای تعیین B' بصورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\begin{cases} B' = B - ۲e_B \\ e_{B_{کل}} = \dfrac{M_{B_{کل}}}{P_{کل}} = \dfrac{۵۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۵\,m \end{cases} \Rightarrow B' = ۲/۵ - ۲\times ۰/۵ = ۱/۵\,m$$

همچنین ضریب شکل براساس B' و L'، بصورت زیر بدست می‌آید:

$$B' = ۱/۵\,m \;,\; L' = L = ۳\,m \text{ (بدون تغییر)} \Rightarrow s'_\gamma = ۱ - ۰/۴\frac{B'}{L'} = ۱ - ۰/۴\times\frac{۱/۵}{۳} = ۰/۸$$

بنابراین ظرفیت باربری برابر است با:

$$q_{ult} = ۰/۵\,\gamma_e B' N_\gamma s'_\gamma = ۰/۵\times ۱۰\times ۱/۵\times ۱۰۰\times ۰/۸ = ۶۰۰\,kPa$$

همانطور که مشاهده می‌کنید در حضور لنگر خمشی (حالت ب) نسبت به حالت بدون لنگر خمشی (الف)، ظرفیت باربری کاهش یافته است.

$$q_{ult\,(ب)} < q_{ult\,(الف)}$$

ج) در این حالت نیز در رابطهٔ q_{ult}

$$q_{ult} = ۰/۵\,\gamma_e B' N_\gamma s'_\gamma$$

، باید ابعاد مؤثر را در نظر بگیریم:

برای تعیین B' و L' بصورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\begin{cases} e_{B_{کل}} = \dfrac{M_{B_{کل}}}{P_{کل}} \\ M_{B_{کل}} = \sum M_O \text{ (در جهت } B) = M_B - P\times ۰/۵ = ۵۰۰ - ۱۰۰۰\times ۰/۵ = ۰ \end{cases} \Rightarrow e_{B_{کل}} = ۰$$

$$\begin{cases} e_{L_{کل}} = \dfrac{M_{L_{کل}}}{P} \\ M_{L_{کل}} = \sum M_O \text{ (در جهت } L) = P\times ۰/۵ = ۱۰۰۰\times ۰/۵ = ۵۰۰\,kN.m \end{cases} \Rightarrow e_{L_{کل}} = \frac{۵۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۵\,m$$

بنابراین ابعاد مؤثر پی در قسمت (ج) عبارتند از:

$$\begin{cases} L-۲e_L = ۳-۲\times ۰/۵ = ۲m \\ B-۲e_B = ۲/۵-۲\times ۰ = ۲/۵m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} B' = min\{۲, ۲/۵\} = ۲m \\ L' = max\{۲, ۲/۵\} = ۲/۵m \end{cases}$$

با توجه به مقادیر بدست آمده، s'_γ را بدست می‌آوریم:

$$s'_\gamma = ۱-۰/۴\frac{B'}{L'} = ۱-۰/۴\times\frac{۲}{۲/۵} = ۰/۶۸$$

و در نهایت خواهیم داشت:

$$q_{ult} = ۰/۵\,\gamma_e B' N_\gamma s'_\gamma = ۰/۵\times ۱۰\times ۲\times ۱۰۰\times ۰/۶۸ = ۶۸۰\,kPa$$

۸۰- (۴)

٪۵

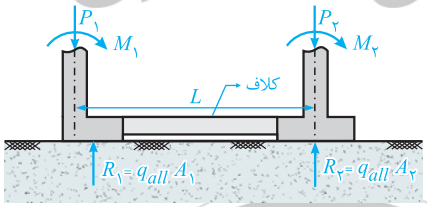
وجود تیر رابط (کلاف) باعث می‌شود تا فشار زیر هر یک از پی‌ها یکنواخت شده و به عبارت دیگر خروج از محوریت آنها از بین برود. بنابراین برای محاسبهٔ ظرفیت باربری نهایی پی‌های منفردی مواجه هستیم که خروج از محوریت ندارند. پس اگر پی سمت چپ را با اندیس (۱) و پی سمت راست را با اندیس (۲) نشان دهیم، در آن صورت خواهیم داشت:

$$\frac{q_{ult_۱}}{q_{ult_۲}} = \frac{۰/۵B_۱\gamma N_\gamma S_{\gamma_۱}}{۰/۵B_۲\gamma N_\gamma S_{\gamma_۲}} \xrightarrow[(\text{چرا؟})]{S_{\gamma_۱}=S_{\gamma_۲}} \frac{q_{ult_۱}}{q_{ult_۲}} = \frac{B_۱}{B_۲} = \frac{۱/۵}{۲} = ۰/۷۵$$

مطالب ارائه شده در مورد نقش کلاف در پی‌های باسکولی در صفحهٔ ۱۶۰ کتاب پی‌سازی سری عمران می‌تواند به حل این سؤال در محاسبه ظرفیت باربری کمک کند.

محاسبات پی‌های باسکولی

اگر فضای اطراف یک ستون محدود باشد (ستون کنار زمین همسایه = ستون کناری)، در آن صورت نمی‌توانیم خروج از محوریت پی را از بین ببریم و چنانچه خروج از محوریت پی قابل ملاحظه باشد، لازم است تا برای تعادل بیشتر و تعدیل خروج از محوریت، پی‌های کناری را به کمک یک تیر رابط به پی ستون‌های میانی ببندیم تا فشار زیر پی یکنواخت گردد. به این پی‌های مرکب، «پی‌های باسکولی» یا «پی‌های کلاف‌دار» می‌گویند.



۸۱- (۴)

٪۴۰

با استفاده از روابط تعادل استاتیکی، عکس‌العمل‌های قائم تکیه‌گاه‌های A و B را می‌یابیم که در واقع نیروهای قائم وارد بر پی‌های A و B هستند:

$$\sum M_A = ۰ \Rightarrow R_{y_B}\times ۴ = ۵\times ۴ + (۱۰\times ۴)\times ۲ \Rightarrow R_{y_B} = ۲۵\,ton$$

$$\sum F_y = ۰ \Rightarrow (۱۰\times ۴) = ۲۵ + R_{y_A} \Rightarrow R_{y_A} = ۱۵\,ton$$

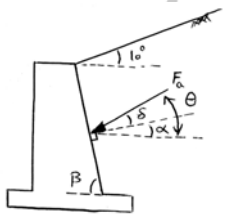
حال نسبت نشست‌های الاستیک را با توجه به یکسان بودن μ، E و I_P (چرا؟) به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\delta_B}{\delta_A} = \frac{q_B\times B_B\times(\frac{۱-\mu^۲}{E})\times I_P}{q_A\times B_A\times(\frac{۱-\mu^۲}{E})\times I_P} = \frac{(\frac{۲۵}{۲\times ۲})\times ۲}{(\frac{۱۵}{۱/۵\times ۱/۵})\times ۱/۵} = ۱/۲۵$$

۸۲- (۴)

٪۵۰

در تئوری کولمب نیروی محرک F_a زاویه δ با امتداد عمود بر دیوار می‌سازد، بنابراین با توجه به اطلاعات صورت سؤال خواهیم داشت:



$$\beta = ۹۰-\alpha \Rightarrow ۷۵ = ۹۰-\alpha \Rightarrow \alpha = ۱۵^\circ$$

$$\delta = \frac{۲}{۳}\phi = \frac{۲}{۳}\times ۳۰ = ۲۰^\circ$$

$$\theta = \delta + \alpha = ۲۰+۱۵ = ۳۵^\circ$$

مطلب موردنظر برای پاسخگویی این تست، عیناً در بخش ۱-۴-۲، صفحهٔ ۵۸ کتاب پی‌سازی سری عمران آمده است.

۱-۴-۲- تئوری کولمب برای بررسی دیوارهای حائل

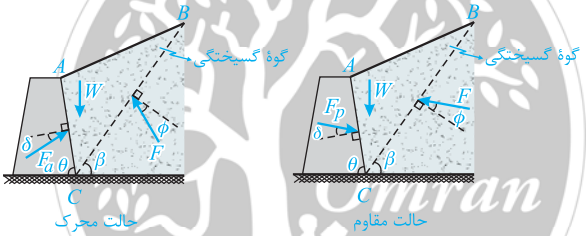
در بخش‌های اصلی این فصل، با تئوری رانکین و چگونگی محاسبهٔ فشارهای جانبی و تحلیل دیوار حائل براساس این نظریه آشنا شدید. حال در این قسمت می‌خواهیم نظریهٔ کولمب در مورد دیوارهای حائل را بررسی کنیم.

شکل‌های زیر، گوهٔ صلب گسیختگی کولمب را در حالت‌های محرک و مقاوم نشان می‌دهند. در هر شکل، نیروهای وارد بر گوهٔ گسیختگی نیز نشان داده شده است که عبارتند از:

F_a و F_p: نیروهای فشاری وارده از طرف خاک در حالت‌های محرک و مقاوم که به علت وجود اصطکاک، بر جدارهٔ دیوار عمود نبوده و زاویهٔ δ با آن می‌سازند.

W: وزن گوهٔ گسیختگی

F: برآیند نیروهای برشی و قائم در سطح گسیختگی



(۲) -۸۳ ٪۳۰

$$F.S. = \frac{M_R}{M_d} = \frac{W \times l_G + F_P \times l_P}{F_a \times l_a} = \frac{W \times l_G + \frac{1}{2} k_P \gamma H_1^2 \times \frac{H_1}{3}}{\frac{1}{2} k_a \gamma H_a^2 \times \frac{H_a}{3} + q k_a H_a \times \frac{H_a}{2}}$$ واژگونی

$$\Rightarrow 2 = \frac{1000 \times 1/79 + \frac{1}{2} \times 3 \times 20 \times H_1^2 \times \frac{H_1}{3}}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times 20 \times 9^2 \times \frac{9}{3} + 30 \times \frac{1}{3} \times 9 \times \frac{9}{2}} \Rightarrow H_1 = 4m$$

این تست مشابه تست ۴۰ از فصل اول کتاب سری عمران است که در صفحهٔ ۷۰ آمده است.

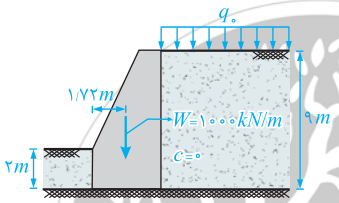
دیوار نگهبانی مطابق شکل، رانش برشی به ارتفاع $9m$ را که از خاکی با مشخصات $\phi = 30^\circ$ و $\gamma = 20 kN/m^3$ تشکیل شده است، تحمل می‌نماید. چنانچه در جلوی این دیوار، لایه‌ای از همین خاک به ضخامت $2m$ ریخته و کوبیده شود، حداکثر سربار مجازی که بر بالای دیوار می‌تواند اعمال شود، برحسب MPa چقدر است؟ (ضریب ایمنی برابر ۱/۵ و $\tan\delta = 0/42$ می‌باشد.)

۱) ۰/۰۵

۲) ۰/۰۴

۳) ۰/۰۳

۴) ۰/۰۱

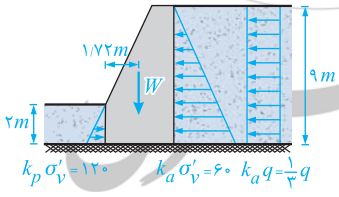


با استفاده از تعریف ضریب اطمینان در مقابل لغزش، می‌نویسیم:

$$F.S. = \frac{F_{مقاوم}}{F_{محرک}} = 1/5$$

کلیهٔ نیروهای وارد بر دیوار حائل مطابق شکل زیر می‌باشد. با توجه به شکل می‌توان گفت:

- $F_{محرک}$ ناشی از نیروهای وارده از سمت راست دیوار می‌باشد.
- $F_{مقاوم}$ ناشی از نیروهای وارده از سمت چپ دیوار و نیز وزن دیوار است.



$$k_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \frac{1 - 0/5}{1 + 0/5} = \frac{1}{3}$$

$$k_p = \frac{1}{k_a} = 3$$

$$k_a \sigma'_v = \frac{1}{3} \times (20 \times 9) = 60 kPa$$

$$k_p \sigma'_v = 3 \times (2 \times 20) = 120 kPa$$

$$k_a q = \frac{1}{3} q$$

$$F_{\text{محرک}} = \frac{۱}{۲}\times ۶۰\times ۹\times ۱ + \frac{۱}{۳}q\times ۹\times ۱ = ۲۷۰ + ۳q$$

$$F_{\text{مقاوم}} = \frac{۱}{۲}\times ۱۲۰\times ۲\times ۱ + ۱۰۰۰\times ۰/۴۲ = ۵۴۰$$

$$\Rightarrow \ ۱/۵ = \frac{۵۴۰}{۲۷۰+۳q} \ \Rightarrow \ ۳۶۰ = ۲۷۰ + ۳q \ \Rightarrow \ q = ۳۰ kPa = ۰/۰۳ MPa$$

٪۵۰

(۲) -۸۴

ابتدا Q_P و Q_S را برای خاک دانه‌ای به ترتیب زیر می‌یابیم:

$$Q_P = q' N_q^* A_P = \gamma h \times N_q^* \times \frac{\pi D^۲}{۴} = (\frac{\pi}{۴}\gamma N_q^*) h D^۲$$

$$Q_S = P\int_۰^h f_s\, dz = P\int_۰^h k\sigma_v' \tan\delta\, dz = (\pi D)\int_۰^h k\gamma z \tan\delta\, dz = \pi D\, k\gamma \tan\delta \int_۰^h z\, dz = (\frac{\pi}{۲}\gamma k \tan\delta) h^۲ D$$

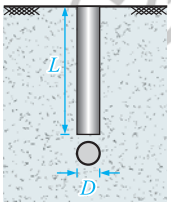
در ادامه با اعمال تغییرات گفته شده بر روی طول شمع خواهیم داشت:

$$Q_{P_۱} = Q_{P_۲} \ \Rightarrow \ (\frac{\pi}{۴}\gamma N_q^*)(h)(D^۲) = (\frac{\pi}{۴}\gamma N_q^*)(۲h)(D_۲^۲) \ \Rightarrow \ D_۲ = \frac{\sqrt{۲}}{۲} D$$

$$\frac{Q_{S_۲}}{Q_{S_۱}} = \frac{h_۲^۲ D_۲}{h_۱^۲ D_۱} = \frac{(۲h)^۲(\frac{\sqrt{۲}}{۲}D)}{(h)^۲(D)} = ۲\sqrt{۲}$$

مشابه این تست را می‌توانید در تمرین ۱۱ صفحه ۲۴۸ و تست ۱۶ صفحه ۲۸۶ از فصل سوم کتاب پی‌سازی سری عمران مشاهده نمایید.

یک شمع با مقطع دایره به قطر D و با طول اولیهٔ L یکبار در داخل یک خاک دانه‌ای و بار دیگر در داخل خاک کاملاً چسبنده کوبیده شده است. ظرفیت باربری کلی شمع (Q_u) در شرایط زهکشی نشده در هر دو خاک مدنظر می‌باشد. اگر طول شمع دو برابر شود، ظرفیت باربری نهایی در هرکدام از خاک‌ها، نسبت به حالت اولیه چه تغییری خواهد کرد؟



۱) در خاک دانه‌ای ۲ برابر و در خاک چسبنده کمتر از دو برابر می‌شود.
۲) در خاک دانه‌ای بیش از ۲ برابر و در خاک چسبنده کمتر از دو برابر می‌شود.
۳) در خاک دانه‌ای بیش از ۲ برابر و در خاک چسبنده دو برابر می‌شود.
۴) در هر دو لایه خاک، ۲ برابر می‌شود.

حل:

$$Q_u = Q_s + Q_p$$

ابتدا خاک دانه‌ای را در نظر می‌گیریم.

- محاسبهٔ Q_s در خاک دانه‌ای:

$$\begin{cases} Q_S = P\int_۰^L f_S(z)dz \\ f_S(z) = k\sigma_v'(z)\tan\delta \end{cases} \Rightarrow Q_S = Pk\tan\delta\int_۰^L \sigma_v'(z)dz$$

P (محیط)، k (ضریب فشار جانبی) و δ (زاویهٔ اصطکاک خاک و شمع) همگی ثابت هستند. همچنین انتگرال داده شده برای خاک مذکور بصورت زیر خواهد بود.

خاک خشک است : $\sigma_v'(z) = \gamma_d z \ \Rightarrow \int_۰^L \sigma_v'(z)dz = \int_۰^L \gamma z dz = \frac{\gamma L^۲}{۲}$

بنابراین با دو برابر شدن L یعنی طول شمع، مقدار انتگرال و از آنجا مقدار Q_s، $۲^۲$ یعنی ۴ برابر می‌شود.

- محاسبهٔ Q_p در خاک دانه‌ای:

در این حالت $c = ۰$ بوده و داریم:

$$Q_p = A_p(cN_c^* + q'N_q^*) = A_p q' N_q^*$$

A_p (سطح مقطع نوک شمع) و N_q^* ثابت می‌باشند، بنابراین با تغییر L، فقط q' تغییر می‌کند.

$$q' = \gamma L$$

لذا اگر طول شمع، دو برابر شود، q' نیز ۲ برابر خواهد شد. بنابراین جملهٔ Q_p نیز ۲ برابر می‌شود. به این ترتیب برای شمع قرار گرفته در خاک دانه‌ای می‌توان گفت:

$$Q_u = Q_s + Q_p \xrightarrow{\text{اگر } L \text{، ۲ برابر شود.}} Q_{S_۲} = ۴Q_{S_۱} \ , \ Q_{P_۲} = ۲Q_{P_۱}$$

بنابراین ظرفیت باربری نهایی (Q_u) شمع مذکور، بیش از ۲ برابر حالت اولیه‌اش خواهد شد.

حال خاک کاملاً چسبنده را در شرایط زهکشی نشده در نظر بگیرید.

- محاسبهٔ Q_s در خاک کاملاً چسبنده:

در این حالت طبق روش α، Q_s برابر است با:

$$\begin{cases} Q_s = f_s\, PL \\ f_s = \alpha c_u \ (\alpha \text{ روش}) \end{cases} \Rightarrow Q_s = \alpha c_u PL$$

α، c_u و P مستقل از طول شمع می‌باشد. بنابراین با دو برابر شدن L، Q_s، ۲ برابر می‌شود.

- محاسبهٔ Q_p در خاک چسبنده:

در این حالت ظرفیت باربری نوک شمع برابر است با: $Q_p = A_p\,(cN_c^* + \overset{\circ}{q}N_q^*) = cN_c^* A_p$

هر ۳ جملهٔ فوق (c، N_c^* و A_p) مقداری ثابت دارند. بنابراین با دو برابر شدن عمق، Q_p تغییر نمی‌کند.

حال می‌توان گفت: $Q_u = Q_s + Q_p \xrightarrow{L \text{ دو برابر شود}} Q_{s_۲} = ۲Q_{s_۱}\ ,\ Q_{p_۲} = Q_{p_۱}$

بنابراین ظرفیت باربری نهایی در خاک صرفاً چسبنده،کمتر از ۲ برابر حالت اولیه‌اش می‌شود.

با توجه به نتایج بدست آمده گزینهٔ (۲) پاسخ این تمرین می‌باشد.

۸۵- (۳) ٪۱۰

برای آنکه نیروی شمع‌ها با هم برابر شود، باید سختی محوری آن‌ها (نسبت $\frac{EA}{l}$) با هم برابر باشد.

$$\left(\frac{EA}{L}\right)_۱ = \left(\frac{EA}{L}\right)_۲ \xrightarrow{E_۱ = E_۲} \frac{A_۱}{L_۱} = \frac{A_۲}{L_۲}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{\pi D_۱^۲}{۴}}{L_۱} = \frac{\frac{\pi D_۲^۲}{۴}}{L_۲} \Rightarrow \frac{۱^۲}{۱۰} = \frac{D_۲^۲}{۱۴/۴} \Rightarrow D_۲^۲ = ۱/۴۴ \Rightarrow D_۲ = ۱/۲\ m$$

سیالات و هیدرولیک

۸۶- (۳) ٪۶۰

با توجه به‌صورت سؤال، توان تلف شده در نمونهٔ اصلی (P_p) موردنظر می‌باشد. از آنجاکه حوضچهٔ آرامش را مدل‌سازی نموده‌ایم، عدد فرود اهمیت پیدا می‌کند و باید این عدد در مدل و نمونهٔ اصلی یکسان باشد.

$$Fr_m = Fr_p \Rightarrow \left(\frac{V}{\sqrt{gL}}\right)_m = \left(\frac{V}{\sqrt{gL}}\right)_p \Rightarrow \frac{V_m}{V_p} = \sqrt{\frac{L_m}{L_p}}$$

حال نسبت توان در مدل به نمونهٔ اصلی را تشکیل می‌دهیم. برای محاسبهٔ توان، از رابطهٔ $P = F.V$ استفاده کرده و در آن نیروی F را $F = \rho V^۲ A$ در نظر می‌گیریم.

$$\frac{P_m}{P_p} = \frac{(F.V)_m}{(F.V)_p} = \frac{(\rho V^۳ A)_m}{(\rho V^۳ A)_p} \xrightarrow{\rho_m = \rho_p} \left(\frac{V_m}{V_p}\right)^۳ \times \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^۲$$

$$\begin{cases} P_m = ۱ \\ \frac{L_m}{L_p} = \frac{۱}{۵۰} \Rightarrow \frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{۱}{۵۰}\right)^{\frac{۱}{۲}} \end{cases} \Rightarrow \frac{۱}{P_p} = \left(\frac{۱}{۵۰}\right)^{\frac{۳}{۲}} \times \left(\frac{۱}{۵۰}\right)^۲ = \frac{۱}{۵۰^{\frac{۷}{۲}}} \Rightarrow P_p = ۵۰^{\frac{۷}{۲}}$$

تذکر: با توجه به کلمهٔ «زمان نظیر» در این سؤال، می‌توان برداشت دیگری نیز از مجهول مسئله نمود. به این صورت که زمان‌ها در مدل و نمونهٔ اصلی نظیر (برابر) هم هستند. در این صورت انرژی (یا همان کار) مستهلک شده در نمونهٔ اصلی، خواستهٔ سؤال خواهد بود.

$$W = F \times L \Rightarrow \frac{W_m}{W_p} = \frac{(FL)_m}{(FL)_p} = \frac{(\rho V^۲ L^۳)_m}{(\rho V^۲ L^۳)_p} = \left(\frac{V_m}{V_p}\right)^۲ \times \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^۳ = \left(\frac{۱}{۵۰}\right)^۴ \Rightarrow W_p = ۵۰^۴\ j$$

ملاحظه می‌کنید که با این تعبیر، گزینهٔ (۴) صحیح خواهد شد!

این سؤال مشابه تست ۲۲ در صفحهٔ ۴۱۸ از فصل هشتم کتاب مکانیک سیالات سری عمران می‌باشد.

مقیاس نیرو (F_r)، فشار (P_r) و توان (N_r) در تشابه فرود زمانی که سیال مدل و نمونهٔ اصلی یکسان باشد، به‌ترتیب کدام است؟

۱) $N_r = L_r^{۳/۵}$ ، $P_r = L_r^{۲}$ ، $F_r = L_r^{۳}$

۲) $N_r = L_r^{۳/۵}$ ، $P_r = L_r^{۲}$ ، $F_r = L_r^{۳/۵}$

۳) $N_r = L_r^{۲/۵}$ ، $P_r = L_r$ ، $F_r = L_r^{۳/۵}$

۴) $N_r = L_r^{۳/۵}$ ، $P_r = L_r$ ، $F_r = L_r^{۳}$

چون سیال در مدل و نمونهٔ اصلی یکسان است، بنابراین $\frac{\rho_m}{\rho_p} = ۱$ بوده و رابطهٔ نسبت نیروها که در تمرین (۸-۸) به‌دست آمد، به صورت زیر خواهد بود:

$$F_r = L_r^{۳}$$

برای به‌دست آوردن مقیاس فشار و توان نیز داریم:

$$P_r = \frac{F_r}{A_r} = \frac{L_r^{۳}}{L_r^{۲}} = L_r$$

$$N_r = F_r \times V_r = L_r^{۳} \times \sqrt{L_r} = L_r^{۳/۵}$$

۸۷- (۱) ٪۵۰

با نوشتن رابطهٔ برنولی بین نقاط A و B خواهیم داشت:

$$\frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{V_A^{۲}}{۲g} = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{V_B^{۲}}{۲g} + \Delta H_{AB}$$

$\frac{P_A}{\gamma}$ همان ارتفاع سیال در پیزومتر نصب شده در نقطهٔ A است. $\frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^{۲}}{۲g}$ نیز برابر ارتفاع سیال در لولهٔ پیتوت در نقطهٔ B می‌باشد. بنابراین اختلاف این جملات در رابطهٔ برنولی، همان اختلاف ارتفاع بین لوله‌های پیزومتر و پیتوت خواهد بود.

$$z_A = z_B$$

$$\frac{P_A}{\gamma} - \left(\frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^{۲}}{۲g}\right) = h \text{ (مجهول)}$$

$$\Delta H_{AB} = f \frac{L}{D}\frac{V^{۲}}{۲g} = ۰/۰۲ \times \frac{۵}{۰/۰۲۵} \times \frac{۱^{۲}}{۲۰} = ۰/۲\ m$$

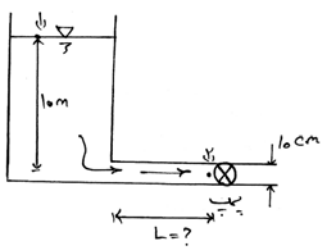
$$\text{جایگذاری در رابطهٔ برنولی} \Rightarrow h + \frac{۱^{۲}}{۲۰} = ۰/۲ \Rightarrow h = ۰/۱۵\ m$$

۸۸- (۲) ٪۷۰

رابطهٔ اصل اندازه حرکت (که در این سؤال داده شده است)، براساس معادلهٔ انتقال رینولدز و برای یک سیال تراکم‌ناپذیر و جریان دائمی (پایدار) به شکل داده شده به‌دست می‌آید.

۸۹- (۱) ٪۴۰

نقطه‌بحرانی برای وقوع پدیدهٔ کاویتاسیون در طول لوله، نقطهٔ قبل از پمپ می‌باشد. بنابراین برای به‌دست آوردن حداکثر طول L (فاصلهٔ پمپ تا مخزن)، فشار نقطهٔ قبل از پمپ (نقطه (۲)) را برابر فشار بخار اشباع آب قرار می‌دهیم $(P_۲ = P_{vg} = P_v - P_{atm} = ۱۰ - ۱۰۰ = -۹۰\ kPa)$



اکنون رابطهٔ برنولی را بین نقاط (۱) و (۲) می‌نویسیم.

$$\frac{P_۱}{\gamma} + z_۱ + \frac{V_۱^{۲}}{۲g} = \frac{P_۲}{\gamma} + z_۲ + \frac{V_۲^{۲}}{۲g} + \Delta H$$

$$P_۱ = ۰\ ,\ V_۱ = ۰\ ,\ z_۱ - z_۲ = ۱۰\ m$$

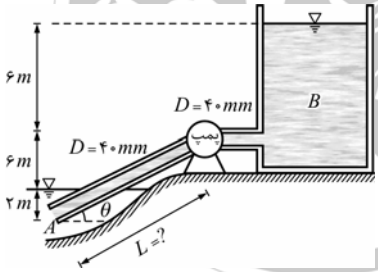
$$V_۲=\frac{Q}{A}=\frac{۰/۰۱۵۷}{\frac{\pi\times۰/۱^۲}{۴}}=۲\,m/s \quad , \quad P_۲=-۹۰\,kPa$$

$$\Delta H=f\,\frac{L}{D}\,\frac{V^۲}{۲g}$$

جایگذاری در رابطهٔ برنولی : $۰+۱۰+۰=-\frac{۹۰}{۱۰}+\frac{۲^۲}{۲۰}+۰/۰۲\times\frac{L}{۰/۱}\times\frac{۲^۲}{۲۰} \Rightarrow L=۴۷۰\,m$

نکتهٔ این سؤال مشابه تست‌های ۳۳ در صفحهٔ ۴۷۰ و ۴۶ در صفحهٔ ۴۷۲ از فصل نهم کتاب مکانیک سیالات سری عمران می‌باشد.

جهت انتقال آب از دریاچهٔ A به مخزن بزرگ B، از یک پمپ با توان مصرفی $۴۸\,kW$ و ضریب بازدهی $\eta=۰/۷۵$ استفاده می‌شود. اگر دبی جریان در لوله $۳/۶\,lit/sec$ باشد، حداکثر طول L چقدر باشد تا کاویتاسیون در مسیر جریان رخ ندهد؟ ($\pi=۳$، $f=۰/۰۲$ و فشار بخار آب $۱/۵\,kPa$ و فشار اتمسفر محلی $۱۰۲\,kPa$ است)



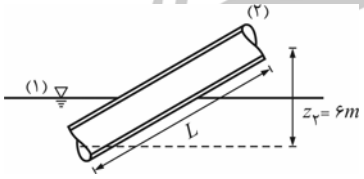
۱) $۸\,m$

۲) $۱۲\,m$

۳) $۱۶\,m$

۴) هیچکدام

احتمال وقوع کاویتاسیون قبل از پمپ از سایر نقاط بیشتراست. با نوشتن رابطهٔ برنولی بین نقطهٔ (۱) در سطح آزاد دریاچهٔ A و نقطهٔ (۲) درست قبل از پمپ و برابر قرار دادن فشار نقطهٔ (۲) با فشار بخار اشباع سیال، حداکثر مقدار L را می‌یابیم.



$$\frac{P_۱}{\gamma}+z_۱+\frac{V_۱^۲}{۲g}=\frac{P_۲}{\gamma}+z_۲+\frac{V_۲^۲}{۲g}+\Delta H_{۱-۲}$$

$$۰+۰+۰=\frac{P_۲}{\gamma}+۶+\frac{V_۲^۲}{۲\times۱۰}+f\,\frac{L}{D}\times\frac{V_۲^۲}{۲g}$$

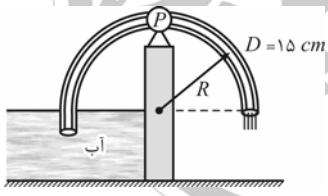
سرعت در مقطع (۲) برابر است با:

$$V_۲=\frac{Q}{A}=\frac{۳/۶\times۱۰^{-۳}}{\frac{\pi\times۰/۰۴^۲}{۴}}=۳\ m/s$$

بنابراین می‌نویسیم:

$$\frac{۱/۵-۱۰۲}{۱۰}+۶+\frac{۳^۲}{۲۰}+(۰/۰۲)\left(\frac{L}{۰/۰۴}\right)\left(\frac{۳^۲}{۲۰}\right)=۰ \Rightarrow L=۱۶\,m$$

از یک خط لوله به شکل قوس نیم‌دایره به شعاع R (مطابق شکل)، برای پمپاژ آب از یک طرف به طرف دیگر دیوار، استفاده می‌شود. ضریب اصطکاک دارسی- وایسباخ مصالح لوله $f=۰/۰۵$ می‌باشد. اگر فشار بخار نسبی آب $P_v=۴\,kPa$ بوده و دبی جریان در لوله $۶۷/۵\,lit/s$ باشد، R را طوری انتخاب کنید که در دهانهٔ ورودی پمپ، کاویتاسیون در آستانهٔ وقوع باشد. ($\pi=۳$ ، $P_{atm}=۹۶\,kPa$ و طول لوله در داخل آب ناچیز است.)



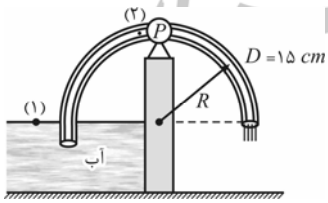
۱) $۵\,m$

۲) $۶\,m$

۳) $۷\,m$

۴) $۸\,m$

مطابق شکل، بین نقطهٔ (۱) در سطح آزاد آب و نقطهٔ (۲) درست قبل از پمپ، معادلهٔ برنولی را می‌نویسیم. در این رابطه $P_۲=P_v=۴\,kPa$ قرار می‌گیرد تا جریان قبل از پمپ در آستانه کاویتاسیون باشد. همچنین تمامی مقادیر $P_۱$، $V_۱$ و $z_۱$ برابر صفر می‌باشند.



$$H_۱=H_۲+\Delta H_{۱-۲} \Rightarrow ۰=\frac{P_۲}{\gamma}+z_۲+\frac{V_۲^۲}{۲g}+f\,\frac{L}{D}\,\frac{V_۲^۲}{۲g}\ ,\ V_۲=\frac{Q}{A}=\frac{۶۷/۵\times۱۰^{-۳}}{\left(\frac{\pi\times۰/۱۵^۲}{۴}\right)}=۴\ m/s$$

$$\Rightarrow ۰=\frac{۴-۹۶}{۱۰}+R+\frac{۴^۲}{۲\times۱۰}+(۰/۰۵)\left(\frac{\frac{\pi R}{۲}}{۰/۱۵}\right)\left(\frac{۴^۲}{۲\times۱۰}\right) \Rightarrow ۱/۴R=۸/۴ \Rightarrow R=۶\,m$$

٪۱۰

۹۰- (۳)

معادلهٔ ناویر – استوکس را برای جریان یک بعدی، یکنواخت و غیر دائمی داده شده به‌صورت زیر در نظر بگیرید.

$$\rho\underbrace{(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}}_{\text{جریان یکنواخت بوده و برابر صفر می‌باشند}}+\frac{\partial u}{\partial t})=-\frac{\partial P}{\partial x}+\mu(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2})$$

$$\Rightarrow \rho\frac{\partial u}{\partial t}=-\frac{\partial P}{\partial x}$$

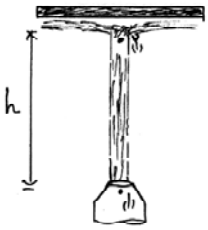
$$u=\frac{Q}{A}\Rightarrow\frac{\partial u}{\partial t}=\frac{1}{A}\frac{\partial Q}{\partial t}\xrightarrow{Q=0/02+0/01t}\frac{\partial u}{\partial t}=\frac{1}{A}\times 0/01=\frac{0/01}{\frac{\pi\times 0/1^2}{4}}=\frac{4}{\pi}$$

$$800\times\frac{4}{\pi}=-\frac{\partial P}{\partial x}\Rightarrow\frac{\partial P}{\partial x}=-\frac{3200}{\pi}\ \frac{N/m^2}{m}$$

٪۶۰

۹۱- (۴)

رابطهٔ برنولی را بین نقطهٔ (۱) در خروجی نازل و نقطهٔ (۲) در محل برخورد جت با صفحه، می‌نویسیم.

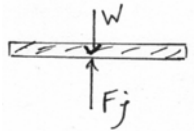


$$\frac{P_1}{\gamma}+z_1+\frac{V_1^2}{2g}=\frac{P_2}{\gamma}+z_2+\frac{V_2^2}{2g}$$

$$P_1=P_2=0\ ,\ z_2-z_1=h\ ,\ V_1=12\ m/s$$

$$\Rightarrow 0+\frac{12^2}{20}=0+h+\frac{V_2^2}{20}\Rightarrow h=\frac{144-V_2^2}{20}$$

ملاحظه می‌کنید که برای تعیین h، باید V_2 را بیابیم. با در نظر گرفتن تعادل نیروها برای صفحهٔ مسطح قابل تحرک، خواهیم داشت:



$$\sum F_y=0\Rightarrow W=F_j=\rho QV_2$$

$$Q=V_1A_1=12\times\frac{\pi\times 0/05^2}{4}=75\pi\times 10^{-4}\ m^3/s$$

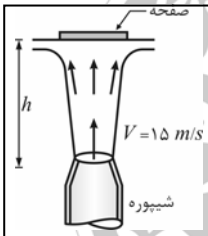
$$\Rightarrow 60\pi=10^3\times 75\pi\times 10^{-4}\times V_2\Rightarrow V_2=8\ m/s$$

با جایگذاری مقدار به‌دست آمده برای V_2، h برابر خواهد شد با:

$$h=\frac{144-V_2^2}{20}=\frac{144-8^2}{20}=4\ m$$

این سؤال مشابه سؤالات ۷۵ در صفحهٔ ۳۶۴ و ۸۴ در صفحهٔ ۳۶۶ از فصل هفتم کتاب مکانیک سیالات سری عمران می‌باشد.

صفحه‌ای به وزن ۴۵ N فقط می‌تواند آزادانه در راستای قائم حرکت کند. آب از شیپوره‌ای به قطر ۲ cm با سرعت اولیهٔ ۱۵ m/s به پایین صفحه برخورد می‌کند. فاصلهٔ صفحه از شیپوره، h، در حالت تعادل برابر است با:



۱) ۶/۲۵ m ۲) ۷/۵ m ۳) ۲/۷۵ m ۴) ۵/۵ m

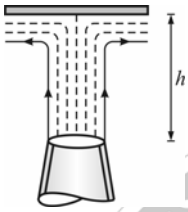
$$\sum F_y=0\Rightarrow W=R\ ,\ R=\rho QV\Rightarrow W=\rho QV\xrightarrow{\text{پیوستگی}}W=\rho Q_jV$$

$$45=(1000)(15\times\frac{\pi\times 0/02^2}{4})(V)\Rightarrow V=10\ m/s$$

$$V_j^2-V^2=2gh\Rightarrow 15^2-10^2=2\times 10\times h\Rightarrow h=6/25\ m$$

جت عمودی که از یک روزنه با سرعت $10\ m/s$ و قطر $20\ mm$ خارج شده، با برخورد به صفحه‌ای با جرم $1/5\ kg$، آن را در فاصلهٔ h نگاه می‌دارد. مقدار فاصلهٔ h بر حسب متر برابر است با:

۱) ۳/۷۵
۲) ۴/۸
۳) ۵/۴
۴) ۶/۰



$\pi = 3$

$g = 10\ m/s^2$

$\rho = 1000\ kg/m^3$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow W = R \ , \ R = \rho QV \Rightarrow W = \rho QV$$

$$1/5 \times 10 = (1000)(10 \times \frac{\pi \times 0/02^2}{4})(V) \Rightarrow V = 5\ m/s$$

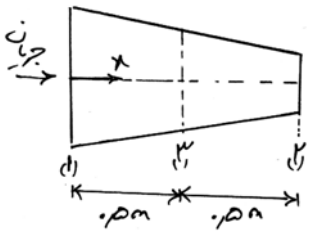
$$V_j^2 - V^2 = 2gh \Rightarrow 10^2 - 5^2 = 2 \times 10 \times h \Rightarrow h = 3/75\ m$$

۹۲- (۳) ٪۱۰

شتاب ذره در نقطهٔ موردنظر، تنها یک مؤلفه در راستای افق خواهد داشت (a_x) که برابر است با:

$$a_x = u(x)\frac{\partial u}{\partial x} \Rightarrow a_{x_3} = u_3(\frac{\partial u}{\partial x})_3$$

مقدار u_3 (سرعت در نقطه موردنظر (۳))، طبق رابطهٔ پیوستگی به‌دست می‌آید:



$$u_1 A_1 = u_3 A_3 \Rightarrow 2 \times \frac{\pi \times 0/3^2}{4} = u_3 \times \frac{\pi \times 0/2^2}{4} \Rightarrow u_3 = 4/5\ m/s$$

از طرفی تابع سرعت جریان در این تبدیل به‌صورت $u(x) = \frac{Q}{A(x)}$ می‌باشد که در آن $A(x) = \frac{\pi}{4}D^2(x)$ بوده و $D(x) = 0/3 - 0/2x$ است.

$$\frac{\partial u(x)}{\partial x} = \frac{\partial(\frac{Q}{A(x)})}{\partial x} = Q \times \frac{-\frac{\partial A(x)}{\partial x}}{A^2(x)} = -\frac{Q}{A^2(x)}\frac{\partial A(x)}{\partial x}$$

$$\frac{Q}{A(x=0/5)} = u_3 \Rightarrow \frac{\partial u(x)}{\partial x} = -\frac{u_3}{A(x=0/5)}\frac{\partial A(x)}{\partial x}$$

$$\frac{\partial A(x)}{\partial x} = \frac{\partial \frac{\pi}{4}(D^2(x))}{\partial x} = \frac{\pi}{2}D(x=0/5)\frac{\partial D(x)}{\partial x} = \frac{\pi}{2} \times 0/2 \times (-0/2) = -0/02\pi$$

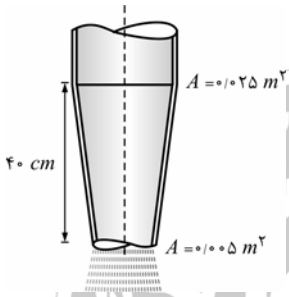
$$(\frac{\partial u}{\partial x})_3 = -(\frac{4/5}{\frac{\pi \times 0/2^2}{4}}) \times (-0/02\pi) = 9$$

بنابراین شتاب در نقطهٔ (۳) برابر است با:

$$a_{x_3} = u_3(\frac{\partial u}{\partial x})_3 = 4/5 \times 9 = 40/5\ m/s^2$$

این سؤال مشابه تست ۳۵ در صفحه ۲۴۹ از فصل پنجم کتاب مکانیک سیالات سری عمران می‌باشد.

در شکل زیر سطح مقطع نازل به طور خطی از $A = ۰/۰۲۵\ m^۲$ به $A = ۰/۰۰۵\ m^۲$، کاهش می‌یابد. در صورتی که دبی برابر $۰/۰۴\ m^۳/s$ باشد، شتاب محلی و شتاب جابجایی یا انتقالی در فاصلهٔ $۱۰\ cm$ از شروع تنگ‌شدگی نازل چقدر است؟



۱) شتاب محلی = ۰ و شتاب انتقالی = $۵\ m/s^۲$

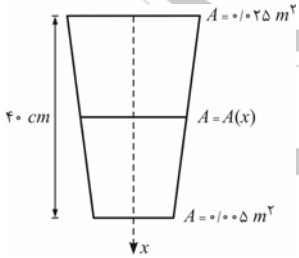
۲) شتاب محلی = $۱۰\ m/s^۲$ و شتاب انتقالی = $۵\ m/s^۲$

۳) شتاب محلی = ۰ و شتاب انتقالی = $۱۰\ m/s^۲$

۴) شتاب محلی = ۰ و شتاب انتقالی = ۰

از آنجایی که دبی ثابت است، می‌توان نتیجه گرفت که در یک مقطع مشخص، $\frac{\partial V}{\partial t}$ (شتاب محلی) برابر صفر می‌باشد. در این حالت برای محاسبهٔ شتاب انتقالی $(\frac{\partial V}{\partial x}\cdot V)$ نیز می‌توان نوشت:

$A = ۰/۰۲۵\ m^۲$	$A = A(x)$	$A = ۰/۰۰۵\ m^۲$
۰	x	۰/۴



$$\xrightarrow[\text{(درون‌یابی)}]{\text{انترپوله}} \frac{۰/۰۰۵-۰/۰۲۵}{۰/۴}=\frac{A(x)-۰/۰۲۵}{x-۰}$$

$$\Rightarrow A(x)=۰/۰۲۵-۰/۰۵x$$

$$\Rightarrow V(x)=\frac{Q}{A}=\frac{۰/۰۴}{۰/۰۲۵-۰/۰۵x}$$

$$a_{\text{(انتقالی)}}=\frac{\partial V}{\partial x}\cdot V=\left[\frac{۰/۰۵\times ۰/۰۴}{(۰/۰۲۵-۰/۰۵x)^۲}\right]\left[\frac{۰/۰۴}{۰/۰۲۵-۰/۰۵x}\right]=\frac{۰/۰۰۰۰۸}{(۰/۰۲۵-۰/۰۵x)^۳}$$

$$a_{(x=۰/۱)\ \text{(انتقالی)}}=\frac{۰/۰۰۰۰۸}{(۰/۰۲۵-۰/۰۰۵)^۳}=۱۰\ m/s^۲$$

۹۳- (۲)

٪۴۰

کافی است معادلهٔ خط مسیر ذرهٔ موردنظر را بیابیم:

$$u=\frac{dx}{dt}\Rightarrow x=\frac{dx}{dt}\Rightarrow \frac{dx}{x}=dt\Rightarrow \ln x=t+C_۱$$

$$(t=۰\ ,\ x=۱)\ \text{اعمال شرایط مرزی}\Rightarrow \ln ۱=۰+C_۱\Rightarrow C_۱=۰\Rightarrow \ln x=t$$

بنابراین در لحظهٔ $t=۴$ ثانیه، موقعیت x ذرهٔ موردنظر برابر خواهد بود با:

$$\ln x=t\xrightarrow{t=۴}\ln x=۴\Rightarrow x=e^۴$$

$$v=\frac{dy}{dt}\Rightarrow -y=\frac{dy}{dt}\Rightarrow \frac{dy}{y}=-dt\Rightarrow \ln y=-t+C_۲$$

$$(t=۰\ ,\ y=۲)\ \text{اعمال شرایط مرزی}\Rightarrow \ln ۲=۰+C_۲\Rightarrow C_۲=\ln ۲\Rightarrow \ln y=-t+\ln ۲\ \text{یا}\ t=\ln\frac{۲}{y}$$

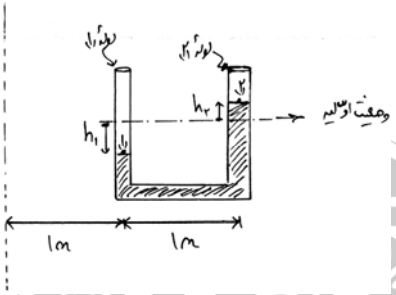
بنابراین در لحظهٔ $t=۴$ ثانیه، موقعیت y ذرهٔ موردنظر برابر خواهد بود با:

$$t=\ln\frac{۲}{y}\xrightarrow{t=۴}۴=\ln\frac{۲}{y}\Rightarrow \frac{۲}{y}=e^۴\Rightarrow y=۲e^{-۴}$$

در نهایت ملاحظه می‌کنید که در $t=۴\ (sec)$، ذرهٔ موردنظر در $x=e^۴$ و $y=۲e^{-۴}$ واقع می‌شود.

(۱) -۹۴ ٪۶۰

شکل نهایی سیال در لوله‌های (۱) و (۲) به‌صورت زیر می‌باشد. می‌خواهیم مقدار h_1 را بیابیم.



نقاط (۱) و (۲) را در سطح سیال در لوله‌ها در نظر می‌گیریم. می‌دانیم $P_1 = P_2 = 0$ می‌باشد. از طرفی فشار هر یک از نقاط طبق رابطهٔ $P = P_0 + \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} - \gamma y$ نیز محاسبه می‌شود. لذا می‌توان نوشت:

$$P_1 = P_2 \Rightarrow P_0 + \frac{\rho \omega^2 r_1^2}{2} - \gamma y_1 = P_0 + \frac{\rho \omega^2 r_2^2}{2} - \gamma y_2 \Rightarrow \gamma \Delta y = \frac{\rho \omega^2 (r_2^2 - r_1^2)}{2} \Rightarrow \Delta y = \frac{\omega^2 (r_2^2 - r_1^2)}{2g}$$

$$\Delta y = h_1 + h_2$$

حجم سیال پایین رفته در لولهٔ (۱) با حجم سیال بالا آمده در لولهٔ (۲) برابر است.

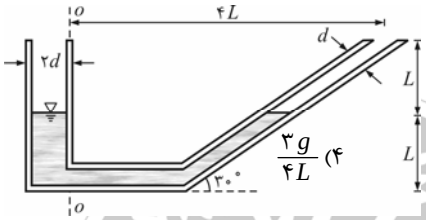
$$\forall_1 = \forall_2 \Rightarrow h_1 A_1 = h_2 A_2 \xrightarrow{A_2 = 2A_1} h_1 = 2h_2 \quad \text{یا} \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \Rightarrow \Delta y = h_1 + h_2 = h_1 + \frac{h_1}{2} = \frac{3}{2} h_1$$

$$\Delta y = \frac{\omega^2 (r_2^2 - r_1^2)}{2g} \Rightarrow \frac{3}{2} h_1 = \frac{1^2 \times (2^2 - 1^2)}{2g} \Rightarrow h_1 = \frac{1}{g}$$

به عبارت دیگر سطح سیال در لولهٔ (۱)، نسبت به حالت سکون، به اندازهٔ $\frac{1}{g}$ پایین‌تر می‌رود.

این سؤال مشابه تست ۲۶ در صفحه ۲۰۳ از فصل چهارم کتاب مکانیک سیالات سری عمران می‌باشد.

ظرف نشان داده شده در شکل مقابل حاوی روغن به چگالی نسبی ۰/۸ می‌باشد. اگر قطر لوله‌ها کم باشد، ظرف با چه سرعت زاویه‌ای حول محور $o-o$ دوران کند تا مایع موجود در لولهٔ سمت راست در آستانهٔ سرریز شدن قرار گیرد؟

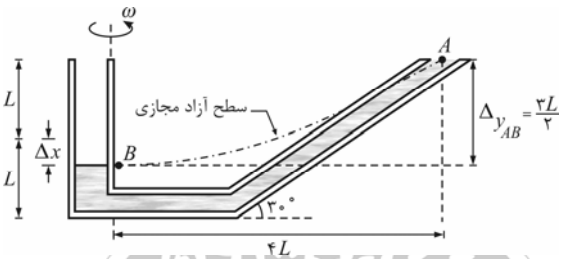


۱) $\frac{1}{4}\sqrt{\frac{3g}{L}}$ ۲) $\frac{2g}{9L}$ ۳) $\frac{1}{3}\sqrt{\frac{2g}{L}}$ ۴) $\frac{3g}{4L}$

این تست مشابه تست (۱۷) است، با این تفاوت که در اینجا قطر لوله‌ها یکسان نیست. بنابراین ابتدا بایستی ببینیم که به‌ازای بالا رفتن روغن به اندازهٔ L در لولهٔ سمت راست ، میزان پایین آمدن روغن در لوله سمت چپ چقدر است.

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow \left[\frac{\pi (2d)^2}{4}\right](\Delta x) = (\frac{\pi d^2}{4})(\frac{L}{\sin 30^\circ}) \Rightarrow \Delta x = \frac{L}{2}$$

حال سطح آزاد روغن در حالت خواسته شده را ترسیم می‌کنیم:



و از آنجا با توجه به هم‌فشار بودن نقاط A و B، به‌دست می‌آید:

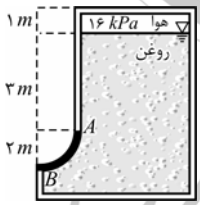
$$\Delta y_{AB}=\frac{\omega^۲}{۲g}(r_A^۲-r_B^۲)\Rightarrow\frac{۳L}{۲}=\frac{\omega^۲}{۲g}\left[(۴L)^۲-۰\right]\Rightarrow\omega=\frac{۱}{۴}\sqrt{\frac{۳g}{L}}$$

۹۵- (۴) ٪۸۵

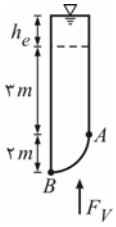
این سؤال عیناً مشابه سؤال ۸۷، صفحه ۱۴۱ کتاب مکانیک سیالات سری عمران می‌باشد. (فقط به جای $\pi=۳$، مقدار دقیق‌تر $\pi=۳/۱۴$ قرار می‌گیرد.)

در ظرفی به طول یک متر در صورتی که روغن دارای وزن مخصوص $۸\ kN/m^۳$ باشد، نیروی قائم وارد بر صفحهٔ ربع دایره‌ای AB به شعاع ۲ متر چند kN است؟ $(\pi=۳)$

۱) ۸۰
۲) ۷۳
۳) ۱۳۰
۴) ۱۰۴



در حل این مسئله نیز مانند تست قبل بجای فشار نسبی هوا، معادل آن روغن جایگزین می‌کنیم و سپس براساس این سطح آزاد جدید و با استفاده از روش مایع مجازی، مقدار نیروی قائم وارد بر صفحهٔ AB را به‌دست می‌آوریم.

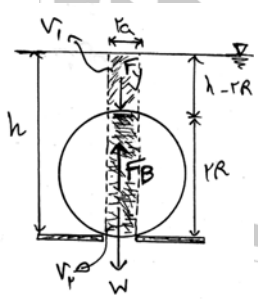


$$h_e=\frac{P_g}{\gamma_{oil}}=\frac{۱۶}{۸}=۲\ m$$

$$F_V=\gamma V=۸\times\left[\left(\frac{۱}{۴}\pi\times۲^۲\right)+(۵\times۲)\right]=۱۰۴\ m$$

۹۶- (۲) ٪۲۰

نیروهای وارد بر این کره، مطابق شکل مقابل می‌باشند.



$$\Sigma F_y=۰\Rightarrow F_B=F_y+W$$

$$W=\gamma_{جسم}\forall_{کره}=۰/۹\,\gamma_۰\times\frac{۴}{۳}\pi R^۳=۱/۲\,\gamma_۰\pi R^۳$$

$$F_y=\gamma_{سیال}\forall_۱=\gamma_۰\times\frac{\pi\times(۲a)^۲}{۴}\times(h-۲R)=\pi\gamma_۰a^۲h-۲\pi\gamma_۰a^۲R$$

$$F_B=\gamma_{سیال}(\forall_{کره}-\forall_۲)=\gamma_۰\times\left(\frac{۴}{۳}\pi R^۳-\pi\times\frac{(۲a)^۲}{۴}\times۲R\right)=\frac{۴}{۳}\pi\gamma_۰R^۳-۲\pi\gamma_۰a^۲R$$

$$\Rightarrow\frac{۴}{۳}\pi\gamma_۰R^۳-۲\pi\gamma_۰a^۲R=\pi\gamma_۰a^۲h-۲\pi\gamma_۰a^۲R+۱/۲\gamma_۰\pi R^۳$$

$$\Rightarrow ha^۲=\left(\frac{۴}{۳}-۱/۲\right)R^۳=\frac{۰/۴}{۳}R^۳=\frac{۲}{۱۵}R^۳\Rightarrow h=\frac{۲}{۱۵}\frac{R^۳}{a^۲}$$

۹۷- (۳)

٪۱۰

لولهٔ مذکور، افقی بوده و لذا با توجه به رابطهٔ برنولی می‌توان نوشت:

$$\begin{cases}\Delta P=\gamma\Delta H \\ \Delta H=f\dfrac{L}{D}\dfrac{V^{۲}}{۲g}\end{cases}\Rightarrow\frac{\Delta P}{L}=\gamma\frac{f}{D}\frac{V^{۲}}{۲g}$$

نقطهٔ وقوع نشت E می‌نامیم و فشار آن را با P_E نمایش می‌دهیم. از این نقطه (E) به بعد، مقدار دبی جریان (و نیز سرعت) کاهش می‌یابد. به همین علت و براساس رابطهٔ به‌دست آمده در ابتدای حل، نرخ تغییرات فشار در واحد طول لوله‌ها، تغییر می‌کند. برای نقاط قبل از نقطهٔ E مقدار $\gamma\frac{f}{D}\frac{V_۱^{۲}}{۲g}$ بین هر دو نقطه از جریان ثابت می‌باشد. لذا $\frac{\Delta P}{L}$ ثابت بوده و می‌توان نوشت:

$$\frac{\Delta P_{AB}}{L_{AB}}=\frac{\Delta P_{BE}}{L_{BE}}\Rightarrow\frac{۶-۴}{۱۰۰۰}=\frac{۴-P_E}{x}\Rightarrow P_E=۴-۲\times۱۰^{-۳}x$$

از طرفی برای نقاط بعد از E نیز، مقدار $\gamma\frac{f}{D}\frac{V_۲^{۲}}{۲g}$ بین هر دو نقطه ثابت است. لذا $\frac{\Delta P}{L}$ برای نقاط این بخش از جریان نیز ثابت بوده و می‌توان نوشت:

$$\frac{\Delta P_{EC}}{L_{EC}}=\frac{\Delta P_{CD}}{L_{CD}}\Rightarrow\frac{P_E-۱/۵}{۱۵۰۰-x}=\frac{۱/۵-۱}{۱۰۰۰}$$

حال با قرار دادن $P_E=۴-۲\times۱۰^{-۳}x$ در رابطهٔ فوق، مقدار x را می‌یابیم.

$$\frac{(۴-۲\times۱۰^{-۳}x)-۱/۵}{۱۵۰۰-x}=\frac{۰/۵}{۱۰۰۰}\Rightarrow ۲۵۰۰-۲x=۷۵۰-۰/۵x\Rightarrow ۱/۵x=۱۷۵۰\Rightarrow x=۱۱۶۶/۶m\simeq۱/۱۷\,km$$

۹۸- (۳)

٪۵۰

با توجه به گزینه‌ها، واضح است که کف کانال مثلثی باید نسبت به کانال مستطیلی پایین‌تر برود! اصل انرژی بین مقطع (۱) در کانال مستطیلی و مقطع (۲) در کانال مثلثی به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$E_۱=E_۲-\Delta z+\Delta H$$

$$E_۱=y_۱+\frac{V_۱^{۲}}{۲g}=۱+\frac{(\sqrt{\frac{g}{۲}})^{۲}}{۲g}=۱/۲۵\,m$$

$$E_{۲}=E_{min\ \text{مثلثی}}=\frac{۵}{۴}y_c$$

$$y_c=(\frac{۲Q^{۲}}{g\,z^{۲}})^{\frac{۱}{۵}},\quad Q=V_۱A_۱=\sqrt{\frac{g}{۲}}\times۱\times۱=\sqrt{\frac{g}{۲}}\Rightarrow y_c=(\frac{۲\times(\sqrt{\frac{g}{۲}})^{۲}}{g\times۱^{۲}})^{\frac{۱}{۵}}=۱\,m\Rightarrow E_۲=\frac{۵}{۴}\times۱=۱/۲۵\,m$$

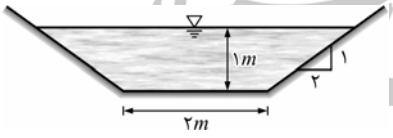
با جایگذاری مقادیر به‌دست آمده برای انرژی‌های مخصوص و نیز $\Delta H=۰/۱۵$ طبق صورت سؤال، Δz به‌دست می‌آید:

$$۱/۲۵=۱/۲۵-\Delta z+۰/۱۵\Rightarrow\Delta z=۰/۱۵\,m$$

این سؤال مشابه تست ۴ در صفحه ۲۹۶ کتاب هیدرولیک سری عمران می‌باشد.

مطابق شکل یک کانال ذوزنقه‌ای جریان آب با سرعت $\frac{\sqrt{g}}{۲}$ متر بر ثانیه را حمل می‌کند. این کانال در ادامه مسیر به یک کانال مستطیلی به عرض ۲ متر برخورد می‌کند. اگر از یک تبدیل ملایم و بدون افت انرژی برای اتصال دو کانال استفاده شده باشد؛ برای ورود جریان آب به کانال مستطیلی بدون ایجاد انسداد جریان، کف کانال مستطیلی نسبت به کف کانال ذوزنقه‌ای چقدر اختلاف دارد؟ (g شتاب ثقل است.)

۱) ۱۲/۵ سانتی‌متر و بالاتر
۲) همتراز
۳) ۲۵ سانتی‌متر و پایین‌تر
۴) ۳۷/۵ سانتی متر و پایین‌تر



۹۹- (۱) ٪۹۰

طبق تعریف، در جریان پایدار (یا دائمی)، دبی و عمق جریان در هر مقطع مشخص، ثابت بوده و با گذشت زمان تغییر نمی‌کنند. ولی در جریان غیر یکنواخت تدریجی، عمق جریان در مقاطع مختلف، متفاوت خواهد بود. توجه شود که در این نوع جریان، با توجه به رابطهٔ پیوستگی، دبی در مقاطع مختلف، یکسان و ثابت است. لذا گزینهٔ (۱) پاسخ صحیح می‌باشد.

توضیحات مربوط به این تست را می‌توانید در صفحات ۱۶ و ۱۷ درس‌نامهٔ فصل اول کتاب هیدرولیک مشاهده نمایید.

۱۰۰- (۱) ٪۵۰

$Q = VA$

فاصلهٔ سطح آب تا خط انرژی، همان $\frac{V^2}{2g}$ (هد سرعت) است.

$$\frac{V^2}{2g} = 0/2 \Rightarrow V^2 = 4 \Rightarrow V = 2\,m/s$$

از طرفی چون جریان بحرانی است، $Fr = 1$ می‌باشد.

$$Fr = 1 \Rightarrow \frac{V}{\sqrt{gD}} = 1 \Rightarrow \frac{2}{\sqrt{10D}} = 1 \Rightarrow D = 0/4\,m \Rightarrow \frac{A}{T} = 0/4 \Rightarrow A = 0/4T = 0/4 \times 5 = 2\,m^2$$

بنابراین مقدار دبی برابر است با:

$$Q = VA = 2 \times 2 = 4\,m^3/s$$

۱۰۱- (۲) ٪۹۰

ابتدا با استفاده از رابطهٔ مانینگ در کانال مستطیلی عریض، عمق نرمال جریان (y_0) را می‌یابیم:

$$q = \frac{1}{n} y_0^{\frac{5}{3}} S_0^{\frac{1}{2}} \Rightarrow 5 = \frac{1}{0/01} y_0^{\frac{5}{3}} (0/0025)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow y_0 = 1\,m$$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{5^2}{10}\right)^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{2/5}\,m$$

واضح است که $y = 2m > y_c > y_0$ می‌باشد. بنابراین پروفیل تشکیل شده S_1 نام دارد. ($y_c > y_0$: شیب کانال تند است، y_0 و $y > y_c$: در ناحیهٔ (۱) قرار داریم.)

این سؤال مشابه تست ۲۵ در صفحه ۲۶۵ و تست ۴۳ در صفحه ۲۶۹ از فصل پنجم کتاب هیدرولیک سری عمران می‌باشد.

در یک کانال مستطیلی عریض با $n = 0/02$، $S_0 = 0/0004$، دبی جریان در واحد عرض کانال $\sqrt{10} \simeq 3/2 m^3/s$ است. اگر عمق جریان در مقطعی از کانال ۱/۹ متر باشد، سطح آب در آن مقطع، بخشی از پروفیل جریان متغیر تدریجی از کدام نوع زیر است؟ ($(0/1)^{0/6} \simeq 0/25$)

۱) M_1 ۲) M_2 ۳) M_3 ۴) S_1

ابتدا با مقایسه y_0 و y_c نوع شیب (بخش اول نامگذاری) را مشخص می‌کنیم.

$$\begin{cases} y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{(\sqrt{10})^2}{10}\right)^{\frac{1}{3}} = 1\,m \\ q = \frac{1}{n} y_0^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}} \Rightarrow y_0 = \left(\frac{nq}{\sqrt{S}}\right)^{\frac{3}{5}} = \left(\frac{0/02 \times 3/2}{\sqrt{0/0004}}\right)^{\frac{3}{5}} = (2^5)^{\frac{3}{5}} \times (0/1)^{0/6} \simeq 8 \times 0/25 = 2\,m \end{cases}$$

$\Rightarrow y_0 > y_c \Rightarrow$ نوع شیب ملایم (M) است.

سپس با مقایسهٔ عمق جریان ($y = 1/9\,m$) با عمق نرمال ($y_0 = 2\,m$) و بحرانی ($y_c = 1\,m$) ناحیهٔ جریان (بخش دوم نامگذاری) را تعیین می‌کنیم.

$y_c < y < y_0 \Rightarrow$ ناحیهٔ (۲)

بنابراین پروفیل شکل گرفته در این قسمت از کانال M_2 می‌باشد.

در مقطعی از کانال مستطیلی عریضی، دبی در واحد عرض کانال $1\,m^2/sec$ با عمق $0/9\,m$ جریان دارد. اگر در این مقطع از کانال ضریب مانینگ ۰/۰۲ و شیب کف کانال $S = 0/0004$ باشد و نیمرخی از نوع جریان متغیر تدریجی وجود داشته باشد، نوع این نیمرخ کدام‌است؟

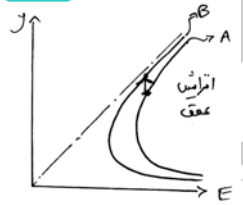
۱) M_1 ۲) M_3 ۳) M_2 ۴) S_1

با مقایسه y و y_c و y_0 نوع پروفیل جریان را مشخص می‌کنیم.

$$\begin{cases} y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{1^2}{10}\right)^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{0/1} \\ q = \frac{1}{n} y_0^{\frac{5}{3}} \sqrt{S} \Rightarrow y_0^{\frac{5}{3}} = \frac{qn}{\sqrt{S}} = \frac{1 \times 0/02}{\sqrt{0/0004}} = 1 \Rightarrow y_0 = 1\,m \end{cases}$$

$\Rightarrow y_c < y < y_0 \Rightarrow$ نوع نیمرخ (M_2) است.

۱۰۲-(۳) ٪۶۰



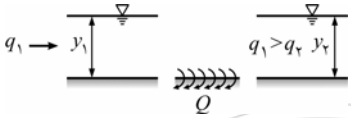
با بیرون ریختن جریان از لبهٔ سرریز کناری در طول A تا B، دبی جریان کاهش خواهد یافت. حال اگر منحنی‌های $E-y$ مربوط به مقاطع A و B را در نظر بگیریم، از آنجا که $Q_B < Q_A$ است، منحنی $E-y$ مربوط به مقطع B، در سمت چپ منحنی مربوط به مقطع A قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه جریان تحت بحرانی است، لذا مطابق شکل، عمق جریان از A تا B افزایش خواهد یافت.

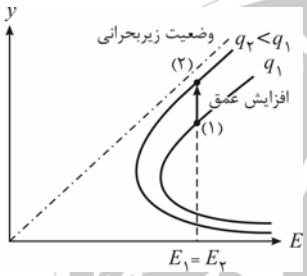
تذکر: توجه شود که پس از عبور جریان از سرریز، دبی جریان برابر Q_B بوده (و دیگر به مقدار Q_A بر نمی‌گردد.) و عمق جریان از مقطع B به بعد تغییری نخواهد داشت. (گزینهٔ (۴) غلط است!)

این سؤال مشابه تست ۳۵ در صفحه ۱۰۵ از فصل دوم کتاب هیدرولیک سری عمران می‌باشد.

در یک کانال مستطیلی مقدار مشخصی از دبی از کف کانال خارج می‌شود. در صورتی که جریان اولیه زیربحرانی باشد و از افت انرژی صرف‌نظر کنیم:

۱) عمق جریان در مقطع (۲) افزایش می‌یابد.
۲) عمق جریان در مقطع (۲) کاهش می‌یابد.
۳) عمق جریان ثابت می‌ماند.
۴) عمق جریان در مقطع (۲) بحرانی می‌شود.





در صورت کاهش دبی جریان، منحنی $E-y$ به سمت چپ حرکت می‌کند. با توجه به این‌که جریان در وضعیت زیربحرانی قرار دارد، عمق جریان در مقطع (۲) افزایش می‌یابد.

۱۰۳-(۲) ٪۷۰

می‌دانیم جریان تمایل دارد با عمق نرمال به حرکت خود ادامه دهد. با توجه به عمق نرمال مشخص شده برای کانال‌های ذکر شده در سؤال، واضح است که با تشکیل پروفیل متغیر تدریجی M_1 عمق جریان افزایش می‌یابد.

این سؤال عیناً در درس‌نامهٔ فصل پنجم در صفحهٔ ۲۳۲ ، قسمت (۵-۳-۱) مطرح شده است.

۱۰۴-(۳) ٪۶۰

در ورود آب از دریاچه به کانال با شیب تند، جریان بحرانی تشکیل می‌شود. لذا با نوشتن اصل انرژی بین مقاطع (۱) داخل دریاچه و (۲) در مقطع ورودی کانال خواهیم داشت:

$$E_۱ = E_۲$$

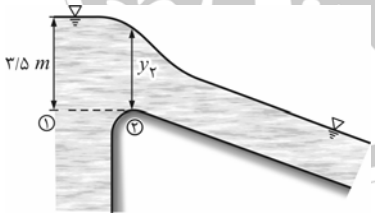
$$E_۱ = H = ۲/۵\ m \quad , \quad E_۲ = E_{min\ مطلق} = \frac{۵}{۴} y_c$$

$$\Rightarrow ۲/۵ = \frac{۵}{۴} y_c \Rightarrow y_c = ۲m \Rightarrow (\frac{۲Q^۲}{g z^۲})^{\frac{۱}{۵}} = ۲ \Rightarrow \frac{۲Q^۲}{g \times ۱^۲} = ۳۲ \Rightarrow Q = ۴\sqrt{g}\ m^۳/s$$

این سؤال مشابه تمرین (۲-۱۳) در صفحه ۷۳ از فصل دوم کتاب هیدرولیک سری عمران می‌باشد.

کانال مستطیلی با شیب تند به یک دریاچه متصل است. اگر عمق آب در دریاچه ۳/۵ متر بالاتر از ورودی کف کانال باشد، با در نظر گرفتن نصف هد سرعت به عنوان افت ورود، دبی در واحد عرض در کانال برحسب متر مکعب بر ثانیه بر متر چقدر است؟

با توجه به نکته ذکر شده، معادله انرژی را بین مقاطع (۱) و (۲) به صورت زیر می‌نویسیم:



$$H = E_{min} + h_f$$

$$H = ۳/۵\ m \quad , \quad E_{min} = \frac{۳}{۲} y_c$$

$$h_f = \frac{۱}{۲} \frac{V_۲^۲}{۲g} = \frac{V_۲^۲}{۴g}$$

از آنجا که جریان در مقطع ورودی کانال دارای وضعیت بحرانی است، h_f را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$h_f = \frac{V_۲^۲}{۴g} = \frac{V_۲^۲}{g y_۲} \times \frac{y_۲}{۴} = Fr_۲^۲ \times \frac{y_۲}{۴} \xrightarrow[Fr_۲^۲ = ۱ ,\ y_۲ = y_c]{\text{در مقطع (۲) جریان بحرانی است}} h_f = \frac{y_c}{۴}$$

با جایگذاری مقادیر H ، E_{min} و h_f در رابطهٔ انرژی خواهیم داشت:

$$۳/۵ = \frac{۳}{۲} y_c + \frac{y_c}{۴} = \frac{۷}{۴} y_c \Rightarrow y_c = ۲\ m$$

حال با استفاده از رابطهٔ (۲-۷)، دبی در واحد عرض به‌دست می‌آید:

$$y_c = (\frac{q^۲}{g})^{\frac{۱}{۳}} \Rightarrow ۲ = (\frac{q^۲}{۱۰})^{\frac{۱}{۳}} \Rightarrow q = ۴\sqrt{۵}\ \frac{m^۳/s}{m}$$

۱۰۵-(۴) ٪۹۰

در شکل (الف)، با توجه به آنکه پرش هیدرولیکی با مقداری انرژی تلف شده همراه است (که مقدار این تلفات معلوم نیست)، نمی‌توان برای تعیین $y_۲$، از اصل انرژی استفاده نمود. در این حالت از اصل اندازه حرکت و رابطهٔ پیوستگی استفاده می‌شود.

در شکل (ب) نیز چون نیروی ناشی از جریان وارد بر دریچه مجهول است، اصل اندازه حرکت برای تعیین $y_۲$، کاربرد نخواهد داشت. برای تعیین $y_۲$ در شکل (ب)، اصل انرژی در کنار رابطهٔ پیوستگی به کار می‌آیند. لذا گزینهٔ (۴) پاسخ صحیح می‌باشد.

مطالب مرتبط با این سؤال، در صفحهٔ ۱۴۳ از فصل سوم کتاب هیدرولیک سری عمران، مطرح شده است.

سازه‌های فولادی و بتنی

۱۰۶-(۳) ٪۴۰

بایستی ظرفیت کششی ورق را براساس معیارهای تسلیم و گسیختگی محاسبه کنیم و کمترین مقدار آنها را انتخاب کنیم:

۱) معیار تسلیم: این معیار روی سطح ناخالص ورق کنترل می‌شود.

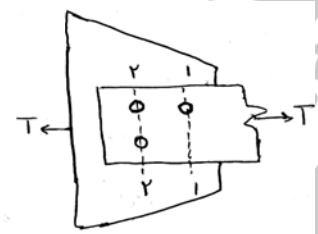
$$T_۱ = A_g \times ۰/۶ F_y = (۱۰ \times ۱) \times ۰/۶ \times ۲۴۰۰ = ۱۴۴۰۰\ kg = ۱۴/۴\ ton$$

۲) معیار گسیختگی: این معیار روی سطح خالص ورق کنترل می‌شود. دو سطح سوراخدار را در نظر می‌گیریم و ظرفیت کششی ورق را برای آنها محاسبه می‌کنیم:

الف) سطح ۱-۱ : در این سطح یک سوراخ وجود دارد و همه نیروی کششی T اثر می‌کند و داریم:

$$T_۲ = A_{۱n} \times ۰/۵F_u = (۱۰ - ۱\times ۲)\times ۱\times ۰/۵\times ۳۷۰۰ \Rightarrow T_۲ = ۱۴۸۰۰\ kg = ۱۴/۸\ ton$$

ب) سطح ۲-۲: در این سطح دو سوراخ وجود دارد و اگر سهم هر یک از پیچ‌ها در تحمل نیروی وارده را برابر $\frac{T}{۳}$ فرض کنیم، در این سطح نیروی $\frac{۲}{۳}T$ اثر می‌کند و داریم:

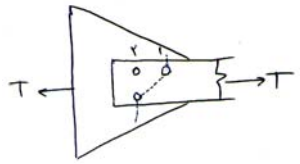


$$\frac{۲}{۳}T = A_{۲n} \times ۰/۵F_u = (۱۰ - ۲\times ۲)\times ۱\times ۰/۵\times ۳۷۰۰ = ۱۱۱۰۰\ kg$$

$$= ۱۱/۱\ ton \Rightarrow T = T_۳ = \frac{۳}{۲}\times ۱۱/۱ = ۱۶/۶۵\ ton$$

$$T = min\,(T_۱, T_۲, T_۳)$$

$$= min\,(۱۴/۴t, ۱۴/۸t, ۱۶/۶۵t) = ۱۴/۴\ ton$$



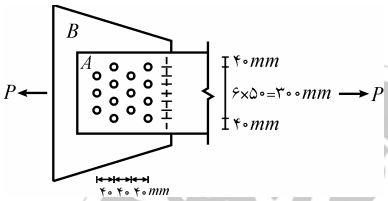
$$T_۴ = ۰/۵F_u \times A_{۴n} = ۰/۵F_u \times [(b - nD + \sum \frac{s^۲}{۴g}]\,t$$

$$= ۰/۵\times ۳۷۰۰\times [۱۰ - ۲\times ۲ + \frac{۴^۲}{۴\times ۴}]\times ۱ = ۱۲۹۵۰\ kg = ۱۲/۹۵\ ton$$

تذکر: به علت اینکه نیروی محوری ورق از مرکز سطح پیچ‌ها نمی‌گذرد، مجموعه پیچ‌ها تحت اثر پیچش قرار گرفته و در نتیجه نیروی افقی وارد بر سطح خالص ۲-۲ دقیقاً برابر $\frac{۲T}{۳}$ نیست ولی از آنجاکه نیروی به‌دست آمده از معیار گسیختگی روی این سطح، نیروی بزرگی است و تعیین‌کننده نمی‌باشد، انجام محاسبات دقیق با در نظر گرفتن لنگر پیچشی مجموعه پیچ‌ها لازم نمی‌باشد. از طرفی دقت شود که در کنکور معمولاً ضریب $U = ۱$ برای این اتصالات در نظر گرفته می‌شود.

این سؤال از سؤالات پر تکرار کنکور است و مشابه تست‌های ۲۹ و ۳۲، صفحهٔ ۶۳ کتاب سازه‌های فولادی سری عمران است.

اگر ضخامت ورق A برابر $t = ۱۲\ mm$ و قطر سوراخ‌ها با منظور کردن افزایش ۱/۵ میلی‌متر به‌خاطر روش سوراخکاری $d = ۲۰\ mm$ باشد، در این صورت سطح‌مقطع خالص ورق A در اتصال کششی مطابق شکل زیر، چند میلی‌متر مربع $(mm^۲)$ می‌باشد؟



۱) $A_n = ۳۰۰۰$

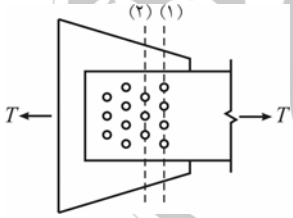
۲) $A_n = ۳۴۵۶$

۳) $A_n = ۳۵۵۲$

۴) $A_n = ۳۶۰۰$

برای محاسبهٔ سطح‌مقطع خالص ورق، باید مسیرهای بحرانی گسیختگی را پیدا کرده و آنها را کنترل کنیم:

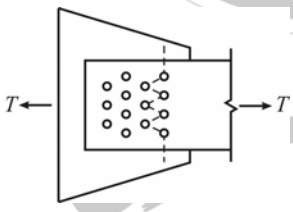
$$b = ۳۰۰ + ۲\times ۴۰ = ۳۸۰\ mm\ ,\ t = ۱۲\ m$$



مسیر ۱: $A_{n_۱} = (۳۸۰ - ۴\times ۲۰)\times ۱۲ = ۳۶۰۰\ mm^۲$

مسیر ۲: $A_{n_۲} = \frac{۱۴}{۱۰}(۳۸۰ - ۳\times ۲۰)\times ۱۲ = ۵۳۷۶\ mm^۲$

مسیر ۳ (مسیر زیگزاگ):

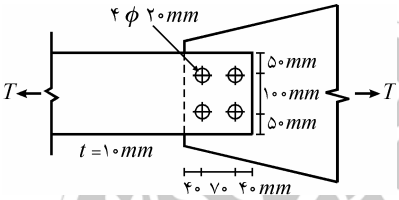


$$A_{n_۳} = (۳۸۰ - ۷\times ۲۰ + ۶\times \frac{۴۰^۲}{۴\times ۵۰})\times ۱۲ = ۳۴۵۶\ mm^۲$$

$$A_n = min\,(A_{n_۱}, A_{n_۲}, A_{n_۳}) = ۳۴۵۶\ mm^۲$$

در شکل زیر یک قطعه کششی فولادی با مقطع تسمه با ضخامت $1cm$ و پهنای $20cm$ تحت نیروی محوری کششی T قرار دارد. در صورتی که تنش کششی مجاز با توجه به معیار جاری‌شدن و معیار گسیختگی به‌ترتیب برابر $1400\,kg/cm^2$ و $2000\,kg/cm^2$ باشد، حداکثر بار محوری کششی مجاز کدام است؟ (قطر سوراخ‌ها $20mm$ است که با استفاده از مته ایجاد شده‌اند.)

۱) ۲۸ تن
۲) ۳۲ تن
۳) ۳۴/۹ تن
۴) ۳۵/۶ تن



برای به‌دست آوردن حداکثر بار محوری کششی مجاز، ابتدا باید هر یک از مقادیر T_1 و T_2 را از روابط زیر به‌دست آورده، سپس حداقل آنها را به عنوان حداکثر بار محوری کششی مجاز انتخاب کنیم. بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ضریب سطح مؤثر U در تمام اعضای با اتصال پیچی و یا پرچی که فقط دو وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد، برابر ۰/۷۵ است.

$$A_g = b \times t = 20 \times 1 = 20\,cm^2$$

$$A_n = (b - nD)\,t = (20 - 2\times 2)\times 1 = 16\,cm^2\ ,\ A_e = U\,A_n = 0/75 \times 16 = 12\,cm^2$$

$$\begin{cases} \dfrac{T_1}{A_g} \le 0/6\,F_y \ \Rightarrow\ T_1 = 0/6\,F_y\,A_g = 1400\times 20 = 28000\,kg = 28\,ton \\ \dfrac{T_2}{A_e} \le 0/5\,F_u \ \Rightarrow\ T_1 = 0/5\,F_u\,A_e = 2000\times 12 = 24000\,kg = 24\,ton \end{cases}$$

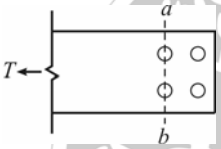
$$T_{max} = min\,\{T_1, T_2\}$$

نیروی ۲۴ تن در گزینه‌ها وجود ندارد و تست غلط می‌باشد. اشتباهی که طراح تست مرتکب شده این است که ضریب سطح مؤثر U را به غلط برابر یک فرض کرده است. در این صورت حداکثر بار محوری کششی بر اساس معیار گسیختگی برابر ۳۲ تن محاسبه می‌شود که بزرگتر از ۲۸ تن است و تعیین‌کننده نیست و گزینه اول (۲۸ تن) مدنظر طراح تست بوده است. در این تست می‌توان به نکات زیر اشاره کرد:

۱) با توجه به اینکه در صورت سؤال تنش‌های مجاز را داده است از مقادیر $0/6\,F_y$ و $0/5\,F_u$ استفاده نمی‌کنیم و به صورت مستقیم از تنش‌های مجاز ارائه شده استفاده می‌کنیم.

۲) برای تعیین دقیق نیروی کششی مجاز معمولاً، باید پدیدهٔ برش قالبی را نیز کنترل کنیم، اما در این تست با توجه به گزینه‌ها بررسی برش قالبی لزومی ندارد.

۳) با توجه به شکل مقابل، مسیر بحرانی برای گسیختگی مسیر ab خواهد بود.



(۴)-۱۰۷ ٪۴۰

محورهای اصلی مقطع، محورهای افقی و قائم گذرنده از مرکز سطح مقطع هستند که بایستی شعاع‌های ژیراسیون را حول آنها محاسبه کنیم:

$$I'_x = 2I_x\ ,\ r'_x = \sqrt{\frac{I'_x}{2A}} = \sqrt{\frac{2\times I_x}{2\times A}} = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{2140}{40}} = \sqrt{53/5}$$

$$I'_y = 2[I_y + A(\frac{b}{2})^2] = 2[190 + 40(\frac{9}{2})^2] = 2000\,cm^4$$

$$r'_y = \sqrt{\frac{I'_y}{2A}} = \sqrt{\frac{2000}{2\times 40}} = 5\,cm\ ,\ r_{min} = min\,(r'_x\ ,\ r'_y) = r'_y = 5\,cm$$

این سؤال، قسمت کوچکی از حل تست ۷۶، صفحهٔ ۱۳۷ کتاب سازه‌های فولادی سری عمران است.

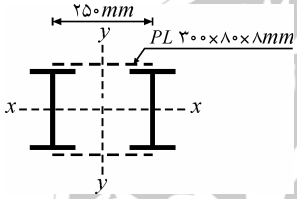
یک ستون دوبل ساخته شده از نیمرخ‌های IPE ۱۸۰ به فواصل مرکز به مرکز ۲۵۰mm با بست‌های موازی افقی ۳۰۰×۸۰×۸mm به فواصل مرکز به مرکز ۸۰۰mm یکپارچه شده است. ستون به طول ۱۰ متر با تکیه‌گاه‌های ساده در دو انتها تحت بار محوری ۴۰ تن قرار دارد. احتمال کدام نوع خرابی در ستون وجود دارد؟ (با ماشین حساب)

۱) کمانش کلی حول محور x

۲) کمانش کلی حول محور y

۳) خرابی بست‌های افقی یکپارچه‌کننده

۴) کمانش تک‌پایه یکی از نیمرخ‌های IPE ۱۸۰ حول محور ضعیف خود



$$IPE\ ۱۸۰ \begin{cases} A = ۲۳/۹\ cm^۲ \\ I_x = ۱۳۲۰\ cm^۴ \\ I_y = ۱۰۱\ cm^۴ \\ r_x = ۷/۴\ cm \\ r_y = ۲/۰۵\ cm \end{cases}$$

شعاع ژیراسیون ستون دوبل حول محورهای x و y را به ترتیب r'_x و r'_y می‌نامیم.

$$r'_x = \sqrt{\frac{I'_x}{۲A}} = \sqrt{\frac{۲I_x}{۲A}} = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = r_x = ۷/۴\ cm$$

$$I'_y = ۲\left[I_y + A\left(\frac{d}{۲}\right)^۲\right] = ۲\left[۱۰۱ + ۲۳/۹ \times \left(\frac{۲۵}{۲}\right)^۲\right] = ۷۶۷۰/۸\ cm^۴$$

$$r'_y = \sqrt{\frac{I'_y}{۲A}} = \sqrt{\frac{۷۶۷۰/۸}{۲ \times ۲۳/۹}} = ۱۲/۷\ cm$$

حال ضریب لاغری ستون دوبل حول محورهای x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda_x = \frac{K_x L}{r'_x} = \frac{۱ \times ۱۰۰۰}{۷/۴} = ۱۳۵/۱\ ,\ \lambda_y = \frac{K_y L}{r'_y} = \frac{۱ \times ۱۰۰۰}{۱۲/۷} = ۷۸/۷$$

با توجه به اینکه λ_x از λ_y بزرگتر است کمانش حول محور x ها تعیین‌کننده است و با توجه به اینکه λ_x از $C_c = ۱۳۰$ بزرگتر است نتیجه می‌شود کمانش ستون از نوع ارتجاعی است و داریم:

$$P_{cr} = \frac{\pi^۲ E I'_x}{L^۲} = \frac{\pi^۲ E \times ۲I_x}{L^۲} = \frac{\pi^۲ \times ۲/۱ \times ۱۰^۶ \times ۲ \times ۱۳۲۰}{۱۰۰۰^۲} \times ۱۰^{-۳} = ۵۴/۷\ ton$$

$$P_{all} = \frac{P_{cr}}{F.S.} = \frac{۱۲}{۲۳} \times ۵۴/۷ = ۲۸/۵\ ton < ۴۰\ ton \quad (Not\ good)$$

کنترل ضریب لاغری تک نیمرخ ستون در فاصله بین بست‌ها:

$$\lambda = \frac{L_۱}{r_۱} = \frac{۸۰}{۲/۰۵} = ۳۹ < ۴۰ \quad و \quad \frac{۳}{۴} \times ۷۸/۷ = ۵۹ \quad (OK)$$

کنترل بست‌های افقی:

$$V = ۰/۰۲\ P = ۰/۰۲ \times ۴۰۰۰۰ = ۸۰۰\ kg$$

$$M = \frac{VL}{۴} = \frac{۸۰۰ \times ۸۰}{۴} = ۱۶۰۰۰\ kg.cm$$

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{۱۶۰۰۰}{\frac{۰/۸ \times ۸^۲}{۶}} = ۱۸۷۵\ kg/cm^۲ > F_b = ۰/۶\ F_y = ۱۴۴۰\ kg/cm^۲ \quad (Not\ good)$$

$$f_v = ۱/۵\ \frac{V}{A} = ۱/۵ \times \frac{۸۰۰}{۰/۸ \times ۸} = ۱۸۷/۵\ kg/cm^۲ < F_V = ۰/۴\ F_y = ۹۶۰\ kg/cm^۲ \quad (OK)$$

با توجه به محاسبات فوق نتیجه می‌شود که خرابی‌های محتمل برای این ستون عبارتند از کمانش کلی حول محور x و همچنین خرابی بست‌ها در خمش.

٪۱۰

(۱)-۱۰۸

با توجه به اینکه نیروی محوری بر مقطع اثر نمی‌کند، رابطه اندرکنشی تنش‌های خمشی حول محورهای x و y به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\le ۱/۰ \;,\; F_{bx}=F_{by}=۱۴۴۰ \Rightarrow f_{bx}+f_{by}\le ۱۴۴۰ \Rightarrow \frac{M_x}{W_x}+\frac{M_y}{W_y}\le ۱۴۴۰$$

$$\Rightarrow \frac{M_x}{W_x}+\frac{M_y}{\frac{W_x}{۷/۲}}=\frac{M_x}{W_x}+\frac{۷/۲M_y}{W_x}\le ۱۴۴۰ \Rightarrow W_x\ge \frac{M_x+۷/۲\,M_y}{۱۴۴۰}$$

در سمت راست تیرآهن هر دو لنگر خمشی M_x و M_y صفر است، ولی رابطه فوق هم بایستی در سمت چپ تیر و هم در وسط تیر کنترل شود:

$$\text{چپ تیر}: M_x=۰ \;,\; M_y=۱/۸\,t.m \Rightarrow W_x\ge \frac{M_x+۷/۲M_y}{۱۴۴۰}=\frac{۰+۷/۲\times ۱/۸\times ۱۰^۵}{۱۴۴۰} \Rightarrow W_x\ge ۹۰۰\,cm^۳ \quad (۱)$$

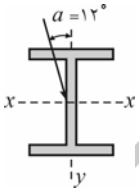
$$\text{وسط تیر}: M_x=۳/۶\,t.m \;,\; M_y=\frac{۱}{۲}\times ۱/۸=۰/۹\,t.m$$

$$\Rightarrow W_x\ge \frac{M_x+۷/۲M_y}{۱۴۴۰}=\frac{(۳/۶+۷/۲\times ۰/۹)\times ۱۰^۵}{۱۴۴۰} \Rightarrow W_x\ge ۷۰۰\,cm^۳ \quad (۲) \Rightarrow (۱)\,,\,(۲) \Rightarrow W_x\ge ۹۰۰\,cm^۳$$

این سؤال مشابه تست ۴۸، صفحهٔ ۲۱۱ کتاب سازه‌های فولادی سری عمران و تمرین ۵-۷ ، صفحهٔ ۲۴۹ همین کتاب است.

در یک تیر دو سر مفصل به طول ۶ متر چنانچه بار گستردهٔ یکنواختی با شدت ۱/۶ تن بر متر مطابق شکل اثر کند و $۱۵۰۰\,kg/cm^۲$ = تنش خمشی مجاز حول محور x، $۱۸۷۵\,kg/cm^۲$ = تنش خمشی مجاز حول محور y باشد، کدام‌یک از روابط زیر درست می‌باشد؟ $(\sin ۱۲^\circ \simeq ۰/۲۱ \;,\; \cos ۱۲^\circ \simeq ۰/۹۸)$

مدول خمشی حول محور x = S_x، مدول خمشی حول محور y = S_y



۱) $\frac{۴۷۰/۴}{S_x}\le ۱ \;,\; \frac{۸۰/۶۴}{S_y}\le ۱$

۲) $\frac{۴۷۰/۴}{S_x}+\frac{۸۰/۶۴}{S_y}\le ۱$

۳) $\frac{۴۷۰/۴}{S_x}\le ۱$

۴) $\frac{۴۷۰/۴}{S_x}\le ۱$ یا $\frac{۸۰/۶۴}{S_y}\le ۱$

نکته: در حالتی‌که تیر تحت خمش دو محوره قرار داشته باشد، مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان رابطهٔ زیر باید برقرار باشد:

$$\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\le ۱$$

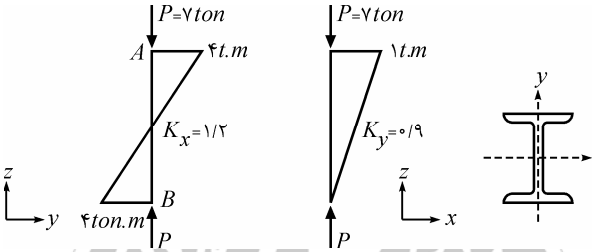
تذکر: در مواردی که نیروی خارجی مایل و از مرکز برش مقطع عبور نکند علاوه بر خمش دو محوره، پیچش نیز اتفاق می‌افتد. در این حالت برای محاسبه f_{by} در رابطهٔ فوق به جای درنظر گرفتن پیچش می‌توان اساس مقطع حول محور ضعیف (S_y) را نصف کرد.

$$M_x=\frac{q_x L^۲}{۸}=\frac{۱/۶\cos ۱۲^\circ\times ۶^۲}{۸}=۷/۰۵۶\,t\cdot m=۷/۰۵۶\times ۱۰^۵\;kg\cdot cm$$

$$M_y=\frac{q_y L^۲}{۸}=\frac{۱/۶\sin ۱۲^\circ\times ۶^۲}{۸}=۱/۵۱۲\,t\cdot m=۱/۵۱۲\times ۱۰^۵\;kg\cdot cm$$

$$\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\le ۱ \Rightarrow \frac{\frac{۷/۰۵۶\times ۱۰^۵}{S_x}}{۱۵۰۰}+\frac{\frac{۱/۵۱۲\times ۱۰^۵}{S_y}}{۱۸۷۵}=\frac{۴۷۰/۴}{S_x}+\frac{۸۰/۶۴}{S_y}\le ۱$$

شکل زیر مربوط به ستون طبقهٔ اول یک قاب فولادی با طول ۲ متراست که لنگر خمشی در آن، با استفاده از تحلیل اولیهٔ سازه در دو صفحهٔ yz و xz نشان داده شده است:



مشخصات پروفیل:

مشخصات پروفیل:
$$\begin{cases} A = ۷۰\,cm^۲ \\ S_x = ۵۰۰\,cm^۳ \\ S_y = ۲۰۰\,cm^۳ \\ F_{b_x} = F_{b_y} = ۱۲۰۰\,kg/cm^۲ \\ r_x = ۸\,cm \\ r_y = ۵\,cm \end{cases}$$

λ	۳۰	۳۶	۶۰	۷۲
F_a	۱۳۳۰	۱۳۰۰	۱۱۶۸	۱۰۹۰

الف) از نقطه‌نظر مهندسی، آیا مقطع ستون در پلان مناسب قرار گرفته است؟

ب) آیا اثر تشدید لنگر برای این ستون حائز اهمیت است؟

ج) آیا ظرفیت ستون تحت اثر بارهای وارده جوابگو است؟ (برای محاسبهٔ تنش مجاز فشاری برحسب $kg/cm^۲$ در لاغری‌های مختلف از جدول فوق استفاده شود)

حل:

الف) مقطع ستون با طرز مناسبی در پلان قرار گرفته است، زیرا لنگر خمشی حداکثر که برابر $۴\,t.m$ و در صفحهٔ yz واقع شده و بیشترین تنش خمشی را نیز ایجاد می‌کند، حول محور قوی ستون رخ داده است. از طرفی کمانش حول محور x که شعاع ژیراسیون بیشتری دارد، با ضریب طول مؤثر بزرگتری همراه بوده و ضرایب لاغری λ_x و λ_y به یکدیگر نزدیک شده‌اند.

ب) برای بررسی این موضوع، باید نسبت $\frac{f_a}{F_a}$ را کنترل کنیم:

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{۷\times۱۰^۳}{۷۰} = ۱۰۰\,kg/cm^۲$$

$$\lambda_x = \frac{k_x L}{r_x} = \frac{۱/۲\times۲۰۰}{۸} = ۳۰ \quad , \quad \lambda_y = \frac{k_y L}{r_y} = \frac{۰/۹\times۲۰۰}{۵} = ۳۶$$

$$\lambda = max\,(\lambda_x\,,\,\lambda_y) = ۳۶$$

با توجه به جدول داده شده، مقدار تنش مجاز فشاری برای $\lambda = ۳۶$ برابر $۱۳۰۰\,kg/cm^۲$ بوده و با توجه به این که نسبت $\frac{f_a}{F_a}$ کمتر از ۰/۱۵ می‌باشد، اثر $P-\Delta$ برای این تیر- ستون حائز اهمیت نمی‌باشد.

ج) برای بررسی کفایت ظرفیت تیر- ستون با توجه به معیار مقاومت عمل می‌کنیم:

$$f_{b_x} = \frac{M_{yz}}{S_x} = \frac{۴\times۱۰^۵}{۵۰۰} = ۸۰۰\,kg/cm^۲$$

$$f_{b_y} = \frac{M_{xz}}{S_y} = \frac{۱\times۱۰^۵}{۲۰۰} = ۵۰۰\,kg/cm^۲$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b_x}}{F_{b_x}} + \frac{f_{b_y}}{F_{b_y}} \le ۱$$

$$\frac{۱۰۰}{۱۳۰۰} + \frac{۸۰۰}{۱۲۰۰} + \frac{۵۰۰}{۱۲۰۰} = ۱/۱۶ > ۱$$

با توجه به روابط فوق، پروفیل انتخاب شده جوابگو نمی‌باشد.

٪۳۰

(۲) -۱۰۹

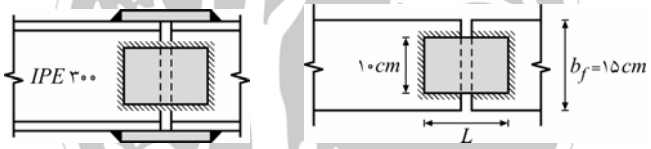
در هر طرف وصله جمعاً ۳۴ سانتی‌متر $(6cm + 2\times 12cm)$ جوش گوشه وجود دارد که خود به برش افتاده و نیروهای کششی و فشاری را در محل وصله برای تحمل لنگر خمشی تأمین می‌کنند. فاصله بین نیروهای کششی و فشاری برابر ارتفاع پروفیل $(20\ cm)$ بوده و داریم:

$$F = \text{ارزش جوش} \times \text{طول} = L\times 650a = 30\times 650 = 19500\ kg = 19/5\ ton$$

$$M = F\times d = 19/5\ ton\times 0/2 m = 3/9\ t.m$$

این سؤال مشابه تست ۱۷، صفحهٔ ۳۴۲ کتاب سازه‌های فولادی سری عمران است.

در محل وصله تیر نشان داده شده در شکل زیر، لنگر خمشی موجود $M = 7/5 t.m$ می‌باشد. اگر تنها ورق‌های وصلهٔ بال‌ها جهت تحمل لنگر درنظر گرفته شود و ارزش جوش اتصال ورق وصلهٔ بال $500\ kg/cm$ باشد، طول تقریبی ورق‌های وصله کدام‌یک از مقادیر زیر است؟



۱) $L = 20\ cm$

۲) $L = 40\ cm$

۳) $L = 60\ cm$

۴) $L = 80\ cm$

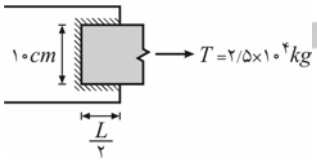
در وصلهٔ نشان داده شده نقش هر یک از ورق‌ها به شرح زیر است:

۱- ورق‌های متصل به جان دو تیر: در انتقال نیروی برشی بین دو تیر مشارکت می‌کنند.

۲- ورق‌های فوقانی و تحتانی: در انتقال لنگر خمشی بین دو تیر مشارکت می‌کنند.

شایان ذکر است که وصلهٔ تیر در مواردی کاربرد دارد که تیری به طول دهانهٔ موردنظر در اختیار نداشته و برای پوشاندن دهانه، از اتصال دو تیر استفاده می‌کنیم.

در این تست با توجه به این که وصله باید لنگر خمشی $M = 7/5 t.m$ را منتقل کند، نیروی منتقل شده به ورق‌های فوقانی و تحتانی با صرف‌نظر کردن از ضخامت ورق در برابر ارتفاع تیر عبارت است از:

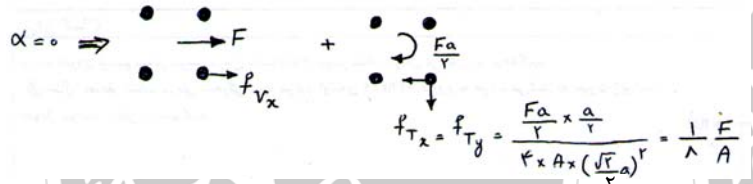


$$F = \frac{M}{d} = \frac{7/5\times 10^5}{30} = 25000\ kg$$ نیروی وارد بر هر یک از ورق‌های فوقانی و تحتانی

این نیرو باید توسط جوش به بال منتقل شود و با توجه به این موضوع، می‌توان حداقل طول وصله بال را به‌دست آورد:

$$T = R_w \times \sum L \Rightarrow 500\times\left(\frac{L}{2}+10+\frac{L}{2}\right) = 25000 \Rightarrow L = 40\ cm$$

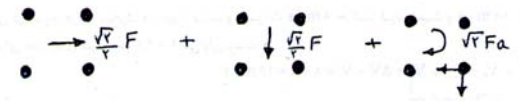
(؟)-۱۱۰



$$f_{V_x} = \frac{F}{4A}$$

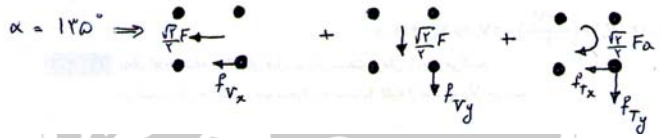
$$f = \sqrt{\left(\frac{F}{4A}-\frac{F}{8A}\right)^2+\left(\frac{1}{8}\frac{F}{A}\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{8}\frac{F}{A} \simeq 0/176\frac{F}{A}$$

$$f = \sqrt{\left(\frac{3}{8}\frac{F}{A}\right)^2+\left(\frac{1}{4}\frac{F}{A}+\frac{3}{8}\frac{F}{A}\right)^2} = \frac{\sqrt{34}}{8}\frac{F}{A} = 0/73\frac{F}{A}$$

$\alpha = 45^\circ \Rightarrow$ 

$$f_{T_x} = f_{T_y} = \frac{\sqrt{2}\,Fa \times \frac{a}{2}}{4A \times (\frac{\sqrt{2}}{2}a)^2} = \frac{\sqrt{2}}{8}\frac{F}{A}$$

$$f = \sqrt{(\frac{\sqrt{2}}{2}\frac{F}{4A} - \frac{\sqrt{2}}{4}\frac{F}{A})^2 + (\frac{\sqrt{2}}{2}\frac{F}{4A} + \frac{\sqrt{2}}{4}\frac{F}{A})^2} = \frac{\sqrt{5}}{4}\frac{F}{A} = 0/56\frac{F}{A}$$

$\alpha = 135^\circ \Rightarrow$ 

$$f_{V_y} = f_{V_x} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}F}{4A} = \frac{\sqrt{2}}{8}\frac{F}{A}$$

$$f_{T_x} = f_{T_y} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}Fa \times \frac{a}{2}}{4A \times (\frac{\sqrt{2}}{2}a)^2} = \frac{\sqrt{2}}{8}\frac{F}{A}$$

$$f = \sqrt{(\frac{\sqrt{2}}{8}\frac{F}{A} + \frac{\sqrt{2}}{8}\frac{F}{A})^2 + (\frac{\sqrt{2}}{8}\frac{F}{A} + \frac{\sqrt{2}}{8}\frac{F}{A})^2} = \frac{1}{2}\frac{F}{A} = 0/5\frac{F}{A}$$

همانطور که مشاهده می‌شود در $\alpha = 90^\circ$، بیشترین تنش در پیچ A به وجود می‌آید و این سؤال طرحش به عنوان یک تست خنده‌دار است زیرا حداقل ۲۰ دقیقه زمان برای حلش نیاز است.

منظور احتمالی طراح: می‌دانیم در اتصالات پیچی تحت اثر بارگذاری، هر پیچی که فاصله‌اش تا بارگذاری کمتر باشد **در مجموعهٔ پیچ‌ها** بحرانی‌تر است. به ازای α برابر صفر درجه نیروی F به‌صورت افقی بوده و از دو پیچ فوقانی می‌گذرد و این پیچ‌ها بحرانی خواهند بود. به ازای α برابر ۴۵ درجه پیچ بالا سمت راست کمترین فاصله را تا نیروی F داشته و در مجموعه بحرانی خواهد بود. به ازای α برابر ۹۰ درجه دو پیچ سمت راست همزمان کمترین فاصله را تا نیروی F داشته و به‌طور همزمان هر دو بحرانی خواهند بود. به ازای α برابر ۱۳۵ درجه امتداد نیرو از پیچ A گذشته و فاصله این پیچ تا نیروی F برابر صفر شده و این پیچ در مجموعه بحرانی خواهد شد و گزینه (۴) احتمال دارد که به عنوان کلید انتخاب شود. این گزینه برای حالتی است که طراح محترم بیان کند به ازای کدام α پیچ A نسبت به بقیه پیچ‌ها بحرانی‌تر است نه اینکه در کدام α پیچ A بحرانی‌تر است و پاسخ صحیح گزینهٔ (۱) است.

---

۱۱۱ - (۴) ٪۴۰

برای تک تک گزینه‌ها C_m را محاسبه می‌کنیم. توجه داریم که در گزینه‌های اول و دوم که بارگذاری جانبی روی تیر ستون اثر نمی‌کند می‌توان از رابطه $C_m = 0/6 - 0/4\frac{M_1}{M_2} \geq 0/4$ استفاده کرد:

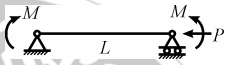
گزینه اول: $C_m = 0/6 - 0/4\frac{M_1}{M_2} = 0/6 - 0/4 \times (\frac{-\frac{M}{2}}{M}) = 0/8$

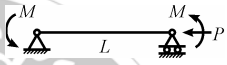
گزینه دوم: $C_m = 0/6 - 0/4\frac{M_1}{M_2} = 0/6 - 0/4\frac{M}{M} = 0/2 < 0/4 \Rightarrow C_m = 0/4$

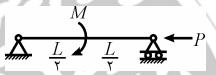
در گزینه‌های سوم و چهارم بارگذاری جانبی روی تیر ستون اثر می‌کند. در گزینه سوم تکیه‌گاه‌های سازه مفصلی و گیردار است و لنگر بازگرداننده تکیه‌گاه گیردار اثر $P-\Delta$ را کاهش می‌دهد ولی در تیر ستون چهارم لنگر هر دو تکیه‌گاه آزاد شده است و اثر $P-\Delta$ ماکزیمم می‌باشد. قابل ذکر است که در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در حالتی که بر روی تیر ستون بار جانبی اثر می‌کند چنانچه تکیه‌گاه‌ها هر دو گیردار باشد C_m برابر ۰/۸۵ و چنانچه تکیه‌گاه‌ها هر دو مفصلی باشد C_m برابر ۱/۰ در نظر گرفته می‌شود. C_m در گزینه سوم عددی بین ۰/۸۵ و ۱/۰ است که از C_m در گزینه چهارم کوچکتر است.

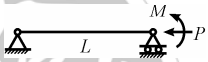
این سؤال مشابه تست ۷، صفحهٔ ۲۵۲ کتاب سازه‌های فولادی سری عمران و تمرین ۵-۵، صفحهٔ ۲۴۷ همین کتاب است.

ضریب تشدید لنگر در تیر- ستون‌ها با عبارت $\frac{C_m}{1-\frac{f_a}{F_e'}}$ تعریف شده است. این ضریب برای کدام‌یک از گزینه‌های زیر بیشتر است؟ (جنس و نوع نیمرخ در چهارگزینه یکسان می‌باشد)

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

با توجه به یکسان بودن f_a و F_e'، برای مقایسهٔ ضریب تشدید لنگر، کافی است ضریب C_m را در بین ۴ گزینه مقایسه کنیم:

$$A_m=\frac{C_m}{1-\frac{f_a}{F_e'}} \quad \text{و} \quad C_m=0/6-0/4\left(\frac{M_1}{M_2}\right)\geq 0/4$$

گزینهٔ ۱: $C_m=0/6-0/4\left(-\frac{M}{M}\right)=1$

گزینهٔ ۲: $C_m=0/6-0/4\left(\frac{M}{M}\right)=0/2\leq 0/4 \Rightarrow C_m=0/4$

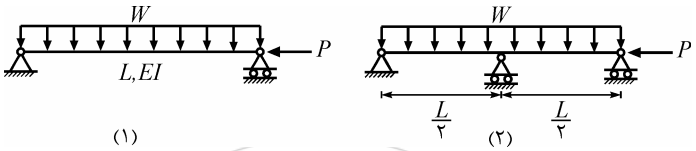
گزینهٔ ۳: $C_m=0/85$

گزینهٔ ۴: $C_m=0/6-0/4\left(\frac{0}{M}\right)=0/6$

بنابراین تیرستون (۱) بیشترین ضریب تشدید لنگر را دارا می‌باشد.

تذکر: با توجه به این که تیرستون (۳) تحت اثر لنگر خمشی متمرکز در وسط آن قرار دارد، مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ضریب C_m را با توجه به مفصلی بودن تکیه‌گاه‌های آن برابر ۰/۸۵ پیشنهاد می‌کند.

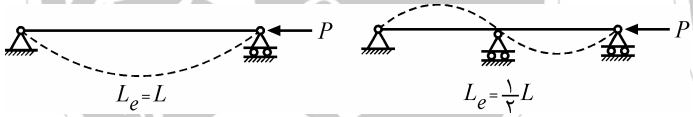
کدام‌یک از تیر- ستون‌های زیر، وضعیت مناسبت‌تری دارند؟



حل: تیر- ستون (۲) وضعیت مناسب‌تری نسبت به تیر- ستون (۱) دارد. برای درک بهتر این موضوع می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- لنگر خمشی ناشی از بار گستردهٔ W، در تیر- ستون (۲) کمتر از تیر- ستون (۱) می‌باشد.

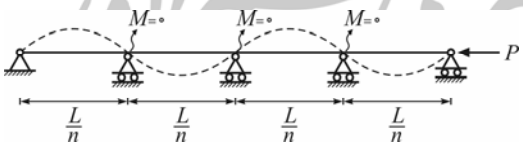
۲- طول مؤثر تیر- ستون (۲) از تیر- ستون (۱) کوچک‌تر بوده و بار بحرانی و تنش مجاز فشاری آن بزرگتر است. دقت شود که بار بحرانی تیر- ستون (۲) مانند بار بحرانی مود دوم تیر- ستون (۱) بوده و چهار برابر آن است.



$$\left(P_{cr}\propto\frac{1}{L_e^2}\right)$$

۳- با توجه به مثال‌های حل شده در فصل چهارم و توجه به فواصل تکیه‌گاهی نتیجه می‌شود که تنش مجاز خمشی در تیر- ستون دوم بزرگتر یا مساوی تنش مجاز خمشی در تیر- ستون اول بوده و وضع آن از این لحاظ نیز مناسب‌تر است.

نکته: در صورتی که مطابق شکل زیر با قرار دادن $(n-1)$ تکیه‌گاه میانی با فواصل مساوی $\frac{L}{n}$ تیر- ستون را تقویت کنیم، طول مؤثر تیر- ستون $\frac{1}{n}$ برابر حالت اولیه شده و بار کمانش تیر- ستون جدید n^2 برابر حالت اولیه می‌شود.



$$\begin{cases} P_{cr}=\dfrac{\pi^2 EI}{(L_e)^2} \Rightarrow (P_{cr})_2=n^2(P_{cr})_1 \\ L_{e_2}=\dfrac{1}{n}L_{e_1} \end{cases}$$

٪۳۰

(۱)-۱۱۲

نیروی P را به مرکز سطح پیچ‌ها منتقل می‌کنیم که در نتیجه آن لنگر پیچشی ساعتگرد Pe بر مجموعه پیچ‌ها اثر می‌کند. در پیچ سمت راست که نزدیکترین پیچ به بارگذاری می‌باشد، تنش برشی ناشی از برش و تنش برشی ناشی از لنگر پیچشی هم جهت بوده و بحرانی‌ترین حالت ایجاد می‌شود. در ادامه تنش‌های برشی ناشی از برش و پیچش را در این پیچ بحرانی محاسبه کرده و توجه داریم که فاصله هر چهار پیچ از مرکز سطح مجموعه پیچ‌ها برابر ۱۰ سانتی‌متر است.

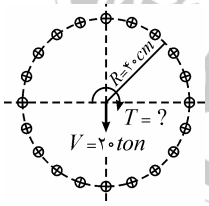
$$f_{vy}=\frac{P}{nA}=\frac{P}{۴A}=\frac{۲\times۱۰^{۳}}{۴\times۲}=۲۵۰\ kg/cm^{۲}$$

$$f_{Ty}=\frac{Tx}{J}=\frac{Pe\times x}{\sum A_i\,d_i^{۲}}=\frac{۲۰۰۰e\times۱۰}{۲(۱۰^{۲}+۱۰^{۲}+۱۰^{۲}+۱۰^{۲})}=۲۵e$$

$$(f_v)_{max}=f_{vy}+f_{Ty}=۲۵۰+۲۵e=F_v=۲۸۰۰\ \Rightarrow\ ۲۵e=۲۸۰۰-۲۵۰=۲۵۵۰\ \Rightarrow\ e=۱۰۲\,cm\simeq۱۰۰\,cm$$

این سؤال مشابه تست ۲۱، صفحهٔ ۳۱۴ کتاب سازه‌های فولادی سری عمران و تست ۲۲، صفحهٔ ۳۱۵ همین کتاب است.

در اتصال ساعتی شکل داده شده، چنانچه از ۲۰ عدد پیچ M 8.8 به قطر $۲۰\,mm$ استفاده شود، در صورتی که تنش مجاز پیچ‌ها برابر $۱۶۰۰\ kg/cm^{۲}$ باشد، حداکثر لنگر پیچشی T که می‌تواند به اتصال وارد شود کدام‌یک از مقادیر زیر است؟ $(\pi\simeq۳)$



۱) $T\simeq۳۰t\cdot m$
۲) $T\simeq۴۰t\cdot m$
۳) $T\simeq۶۵t\cdot m$
۴) $T\simeq۸۰t\cdot m$

تنش برشی ماکزیمم در پیچ سمت راست اتصال ایجاد می‌شود.

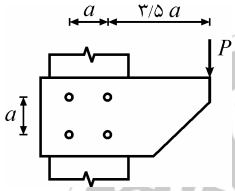
$$J=nA[x^{۲}+y^{۲}]=nAR^{۲},\quad r=۱cm\ ,\ R=۴۰cm$$

$$\tau_{max}=\frac{V}{nA}+\frac{TR}{J}=\frac{V}{nA}+\frac{TR}{nAR^{۲}}=\frac{V}{nA}+\frac{T}{nAR}=\frac{۱}{nA}(V+\frac{T}{R})$$

$$\Rightarrow\ \frac{۱}{۲۰\times\pi\times۱^{۲}}(۲۰\times۱۰۰۰+\frac{T}{۴۰})=۱۶۰۰\ \Rightarrow\ ۲۰۰۰۰+\frac{T}{۴۰}=۹۶۰۰۰$$

$$\Rightarrow\ T=۳۰۴۰۰۰۰\,kg.cm\ \Rightarrow\ T\simeq۳۰/۴\,t\cdot m$$

نیروی P به کمک چهار پیچ مشابه مطابق شکل به ستون منتقل می‌شود. براساس تحلیل الاستیک بیشترین نیروی ایجاد شده در پیچ‌ها چقدر می‌باشد؟



۱) $\frac{\sqrt{۵}}{۲}P$
۲) $۲P$
۳) $\sqrt{۲}P$
۴) $\frac{\sqrt{۴۱}}{۴}P$

نیروی P را به مرکز سطح پیچ‌ها منتقل می‌کنیم، در این صورت اتصال تحت اثر برش قائم P و لنگر پیچشی T قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه تنش برشی ناشی از برش و مؤلفه قائم تنش برشی ناشی از پیچش در پیچ‌های سمت راست اتصال هم‌جهت هستند (به‌طرف پایین) نتیجه می‌شود که بیشترین تنش و نیرو در این پیچ‌ها به‌وجود می‌آید:

$$f_{V_y}=\frac{P}{۴A}\ ,\ T=P(۳/۵a+\frac{a}{۲})=۴Pa\ ,\ f_{T_x}=\frac{Ty}{J}=\frac{Ty}{\sum A_i\,d_i^{۲}}\Rightarrow$$

$$f_{T_x}=\frac{۴Pa\times\frac{a}{۲}}{۴A(\frac{\sqrt{۲}}{۲}a)^{۲}}=\frac{۲Pa^{۲}}{۲Aa^{۲}}=\frac{P}{A}\ ,\ f_{T_y}=\frac{Tx}{J}=\frac{Tx}{\sum A_i\,d_i^{۲}}=\frac{۴Pa\times\frac{a}{۲}}{۴A(\frac{\sqrt{۲}}{۲}a)^{۲}}=\frac{P}{A}$$

$$f=\sqrt{f_{T_x}^{۲}+(f_{V_y}+f_{T_y})^{۲}}=\sqrt{(\frac{P}{A})^{۲}+(\frac{P}{۴A}+\frac{P}{A})^{۲}}=\frac{\sqrt{۴۱}P}{۴A}$$

$$V_{max}=f_{max}\times A=\frac{\sqrt{۴۱}P}{۴A}\times A=\frac{\sqrt{۴۱}}{۴}P$$

٪۲۰

(۳)-۱۱۳

می‌دانیم که در تیرهای کوتاه، برش و در تیرهای متوسط و بلند، خمش تعیین‌کننده طراحی می‌باشد. بنابراین اساساً گزینه‌های دوم و چهارم نمی‌توانند صحیح باشند. برای محاسبه طولی برای تیر که در آن به جای خمش، برش تعیین‌کننده است بایستی حالتی را پیدا کنیم که در آن تنش‌های خمشی بطور اتوماتیک کوچکتر از تنش خمشی مجاز ($F_b = ۰/۶F_y$) باشند. توجه داریم که برش ماکزیمم تیر در تکیه‌گاه‌های آن ایجاد شده و برابر $\frac{qL}{۲}$ است و لنگر ماکزیمم تیر در وسط آن ایجاد شده و برابر $\frac{qL^۲}{۸}$ می‌باشد.

$$\frac{h}{t_w} = \frac{۲۰}{۰/۵} = ۴۰ < \frac{۳۱۸۵}{\sqrt{F_y}} = \frac{۳۱۸۵}{\sqrt{۲۴۰۰}} \simeq ۶۵ \Rightarrow F_v = ۰/۴\, F_y$$

$$S_x = \frac{I_x}{c} = \frac{I_x}{\frac{h}{۲}} = \frac{۲۰۰۰}{\frac{۲۰}{۲}} = ۲۰۰\, cm^۳$$

اگر در یک محدوده طولی همواره رابطه $f_b \le F_b$ برقرار باشد، داریم:

$$f_b \le F_b \Rightarrow \frac{\frac{qL^۲}{۸}}{S_x} \le ۰/۶F_y \Rightarrow \frac{\frac{L}{۴} \times V_{max}}{۲۰۰} \le ۰/۶F_y \Rightarrow L \le \frac{۴۸۰\, F_y}{V_{max}}$$

$$V_{max} = A_w \times F_v = A_w \times ۰/۴\, F_y = ۲۰ \times ۰/۵ \times ۰/۴ F_y = ۴F_y$$

$$\Rightarrow L \le \frac{۴۸۰F_y}{۴F_y} = ۱۲۰\, cm$$

٪۵۰

(۱)-۱۱۴

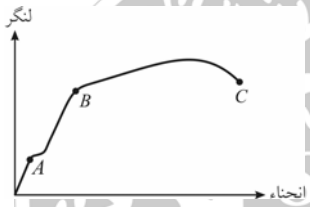
با توجه به موارد زیر، می‌توان منحنی ارائه شده در گزینهٔ (۱) را به عنوان واقع‌گرایانه‌ترین رفتار برای یک تیر بتنی انتخاب کرد:

۱) قبل از رسیدن مقطع بر M_{cr}، به‌دلیل باز توزیع تنش‌ها، در قسمت‌هایی از ناحیه کششی مقطع، توزیع تنش به‌صورت غیرخطی خواهد شد. لذا منحنی لنگر – انحنا نیز باید اندکی غیر خطی شود.

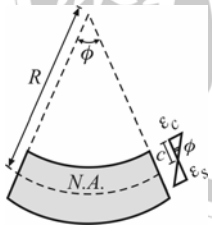
۲) هر چند از نظر تئوری M_{cr} به‌صورت یک عدد مشخص برای هر مقطع ارائه می‌شود، ولی فرایند ترک خوردگی در ناحیه کششی یک تیر به‌صورت تدریجی است. بنابراین در عمل شیب منحنی لنگر – انحنا در حوالی نقطه M_{cr} باید به‌صورت تدریجی کاسته شود (گزینه ۱) و نه به‌صورت دفعی (گزینه ۳)

این سؤال در طرح درس ۱۲ فصل سوم، صفحه ۹۸ کتاب سازه‌های بتنی سری عمران مطرح شده است.

طرح درس ۱۲: شکل‌پذیری مقاطع خمشی



برای بررسی رفتار مقاطع خمشی علاوه بر منحنی $P-\delta$ می‌توان از منحنی لنگر - انحنا نیز استفاده کرد. در منحنی لنگر - انحنا $(M-\phi)$ نقطه A ترک‌خوردگی مقطع، نقطه B جاری‌شدن فولادهای کششی و نقطه C انهدام مقطع را نشان می‌دهد. بعد از نقطه B با جاری‌شدن فولادها انحنا در مقطع افزایش یافته بدون اینکه لنگر وارده تغییر محسوسی داشته باشد.



اگر طول واحدی از تیر را در نظر بگیریم، در هر لحظه زاویه تیر تغییرشکل یافته به عنوان انحناء تیر تعریف می‌شود.

در منحنی لنگر - انحنا $(M-\phi)$ نقطه A ترک‌خوردگی مقطع، نقطه B جاری‌شدن فولادهای کششی و نقطه C انهدام مقطع را نشان می‌دهد. بعد از نقطه B با جاری‌شدن فولادها انحنا در مقطع افزایش یافته بدون اینکه لنگر وارده تغییر محسوسی داشته باشد.

$$\phi = \frac{۱}{R} = \frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_s}{d-c}$$

نکته: میزان شکل‌پذیری مقاطع خمشی با تعریف ضریب شکل‌پذیری انحناء مقایسه می‌شود. این ضریب نسبت انحنای مقطع در لحظه شکست به انحنای مقطع در لحظه تسلیم فولادها می‌باشد.

٪۱۵

(۴)-۱۱۵

برای حل تقریبی یک دال که در چهار طرف دارای تکیه‌گاه‌های ساده است، فرض می‌کنیم که عملکرد هر یک از دو نوار دال، مانند یک تیر ساده می‌باشد و سهم نوارهای جهات طولی و عرضی از کل بار کف، برابر w_1 و w_2 می‌باشد. حال با توجه به این مطلب که خیز نوارهای مذکور در وسط دهانه باید مساوی باشد، نتیجه می‌شود که:

$$\Delta_1 = \Delta_2 \Rightarrow \frac{5}{384}\frac{w_1 L_1^4}{EI} = \frac{5}{384}\frac{w_2 L_2^4}{EI} \Rightarrow \frac{w_1}{w_2} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^4$$

در ادامه سهم باربری دال در جهت کوتاهتر برابر است با:

$$\frac{w_a}{w_b} = \left(\frac{L_b}{L_a}\right)^4 = (1/5)^4 = 5/06$$

$$w_a + w_b = 12 \Rightarrow 5/06 w_b + w_b = 12 \Rightarrow w_b = 1/98\ kN/m^2$$

$$w_a = 12 - w_b = 12 - 1/98 = 10/02\ kN/m^2$$

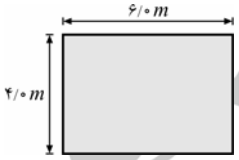
حداکثر لنگر خمشی مثبت در راستای دهانه کوچکتر، مشابه یک تیر دو سر ساده تحت بار گسترده است:

$$M^+_{max} = \frac{w_a L^2}{8} = \frac{10/02 \times 3^2}{8} = 11/27$$

این سؤال مشابه سؤال ۶ ، صفحه ۲۵۸ کتاب سازه‌های بتنی سری عمران است.

دال (پانل) بتن مسلح نشان داده شده در چهار طرف دارای تکیه‌گاه‌های ساده می‌باشد. اگر w_a و w_b به ترتیب سهم بار در امتداد کوتاه و بلند از کل بار w باشند، نسبت تقریبی $\frac{w_a}{w_b}$ چقدر است؟

(ضخامت دال $25\,cm$ در نظر گرفته می‌شود.)

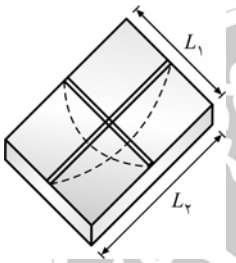


$$f_c = 30\ MPa\ ,\ f_y = 400\ MPa$$

$$E_s = 2\times10^5\ MPa\ ,\ E_c = 0/25\times10^5\ MPa$$

۱) ۳/۵ ۲) ۱/۵ ۳) ۵/۰ ۴) ۰/۷

در دال‌های دوطرفه می‌توان فرض کرد که دال در هر جهت از مجموعه‌ای از نوارهای موازی تشکیل شده است. در این حالت قسمتی از بار توسط نوارهای یک جهت و باقیمانده بار توسط نوارهای جهت دیگر حمل می‌شود. برای حل تقریبی یک دال که در چهار طرف دارای تکیه‌گاه‌های ساده است، فرض می‌کنیم که عملکرد هر یک از دو نوار دال مانند یک تیر ساده می‌باشد و سهم نوارهای جهات طولی و عرضی از کل بار کف برابر ω_1 و ω_2 می‌باشد. با توجه به این مطلب که خیز نوارهای مذکور در وسط دهانه باید مساوی باشد، نتیجه می‌شود که:



$$\Delta_1 = \Delta_2 \Rightarrow \frac{5}{384}\frac{w_1 L_1^4}{EI} = \frac{5}{384}\frac{w_2 L_2^4}{EI} \Rightarrow \frac{w_1}{w_2} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^4$$

با توجه به این رابطه مشاهده می‌شود که سهم بیشتری از بار در جهت کوتاه حمل می‌شود؛ به طوری که نسبت سهم بارها برای دو جهت متناسب با توان چهارم نسبت معکوس دهانه‌ها است. بنابراین در این سؤال داریم:

$$\frac{w_a}{w_b} = \left(\frac{L_b}{L_a}\right)^4 = \left(\frac{6}{4}\right)^4 = 1/5^4 = 5/06$$

بنابراین گزینه ۳ جواب این سؤال می‌باشد.

٪۵

(۴)-۱۱۶

در تیر داده شده، حداکثر لنگر در تکیه‌گاه گیردار ایجاد می‌شود و مقدار آن برابر $\frac{qL^2}{8}$ است. با برابر قرار دادن لنگر ایجاد شده با لنگر مقاوم که برابر $\frac{wL^2}{8}$ است، بار q به‌دست می‌آید.

$$\text{لنگر اعمالی} = \text{لنگر مقاوم} \Rightarrow \frac{qL^2}{8} = \frac{wL^2}{8} \Rightarrow q = 1w$$

بنابراین به ازای $q = ۱w$ ، تکیه‌گاه گیردار مفصل می‌شود؛ ولی به‌دلیل باز توزیع لنگر، هنوز تیر می‌تواند در برابر بارهای بیشتر مقاومت کند.

از این لحظه به بعد باید تیر دوم یعنی تیر دو سر مفصل را تحلیل کرد. در این تیر بیشینه لنگر در وسط تیر و برابر $\frac{q'L^۲}{۸}$ می‌باشد. اما باید توجه داشت که در وسط تیر (۱) لنگری به اندازه $\frac{wL^۲}{۱۶}$ از مرحله اول بارگذاری (یعنی تا جایی که تکیه‌گاه گیردار مفصل شده) وجود داشته است و این موضوع با تحلیل سازه اثبات می‌شود. لذا در تیر دوم، مجموع این دو لنگر باید برابر با لنگر مقاوم شود.

لنگر مقاوم = لنگر وسط تیر در مرحله دوم + لنگر وسط تیر در مرحله اول

$$\frac{wL^۲}{۱۶}+\frac{q'L^۲}{۸}=\frac{wL^۲}{۸} \Rightarrow q'=\frac{w}{۲}$$

بار گسترده نهایی = بار مرحله اول + بار مرحله دوم $= ۱w + ۰/۵w = ۱/۵w$

در مجموع می‌توان گفت که با افزایش بار گسترده تیر، هنگامی که q به مقدار w می‌رسد، تکیه‌گاه گیردار تبدیل به مفصل شده و از این به بعد رفتار تیر مشابه یک تیر دو سر ساده می‌شود. بعد از آن هنگامی‌که q به مقدار $۱/۵w$ می‌رسد، در وسط تیر نیز یک مفصل دیگر ایجاد می‌شود. بنابراین به‌دلیل ایجاد سه مفصل در یک راستا، تیر گسیخته می‌شود.

۱۱۷-(؟) ٪۱۰

در مورد هر یک از گزینه‌ها توضیحات زیر قابل ارائه است:

گزینه ۱: برای بررسی این گزینه عمق ناحیه فشاری بتن را در هر حالت محاسبه می‌کنیم.

الف) مقطع با فولاد مضاعف (در این حالت فرض می‌کنیم که فولاد فشاری نیز جاری شده است)

$$\sum F = ۰ \Rightarrow \phi_s f_y A_s = ۰/۸۵ \phi_c f_c ab + \phi_s f_y A'_s \Rightarrow a_۱ = \frac{\phi_s f_y (A_s - A'_s)}{۰/۸۵ \phi_c f_c b}$$

ب) برای مقطع دوم با توجه به جمله گفته شده در گزینه ۱، فرض طراح احتمالاً مقطع بدون فولاد فشاری در حالت بالانس بوده است.

$$\sum F = ۰ \Rightarrow \phi_s f_y A_s = ۰/۸۵ \phi_c f_c ab \Rightarrow a_۲ = \frac{\phi_s f_y}{۰/۸۵ \phi_c f_c b} A_{sb}$$

$$\frac{\text{عمق تار خنثی برای مقطع با فولاد مضاعف}}{\text{عمق تار خنثی برای مقطع بالانس}} = \frac{c_۱}{c_۲} = \frac{\beta_۱ a_۱}{\beta_۲ a_۲} = \frac{A_s - A'_s}{A_{sb}} = \frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$$

بنابراین گزینه (۱) اگر طراح این‌گونه فکر کند که منظور در حالت اول مقطع با فولاد مضاعف است که فولاد فشاری آن جاری شده است و در حالت دوم مقطع بدون فولاد فشاری در حالت بالانس است صحیح می‌باشد. که البته با توجه به بیان سؤال همچنین تصوری از جانب طراح غیرمنطقی است. (استفاده از ρ_b به جای $\bar{\rho}_b$ ما را مجبور کرد به جای طراح فکر کنیم).

گزینه ۲: در یک مقطع با فولاد مضاعف، تنها هنگامی فولاد کششی تسلیم می‌شود که ρ کمتر از $\bar{\rho}_b$ باشد و این مورد ربطی به جاری شدن یا نشدن فولادهای فشاری ندارد، پس این گزینه همواره درست نیست.

گزینه ۳: در هر مقطع خمشی، هرگاه مقدار فولاد کششی افزایش یابد حتماً لنگر مقاوم مقطع نیز زیاد می‌شود (هر چند به‌صورت جزئی باشد).

- افزایش لنگر چشمگیر است $\Rightarrow$ شکست مقطع نرم باشد.
- افزایش لنگر کم است. $\Rightarrow$ شکست مقطع ترد باشد.

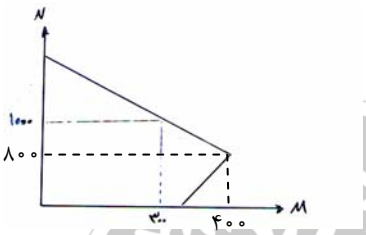
گزینه ۴: اگر در یک مقطع میزان فولاد کششی کمتر از فولاد بالانس باشد، با اضافه کردن فولاد فشاری، مقدار ناچیزی بر لنگر مقاوم مقطع افزوده می‌شود.

بنابراین در مجموع باید گفت که گزینه ۳ همواره درست بوده و پاسخ سؤال است؛ اما در صورتی که فرضیات گفته شده در پاسخ گزینه ۱ از نظر طراح وجود داشته باشد، ممکن است گزینه ۱ به عنوان پاسخ ارائه شود. و طراح از مقدار افزایش لنگر در حالت ترد در گزینهٔ (۳) صرف‌نظر کرده باشد و گزینهٔ (۱) را انتخاب کرده باشد.

٪۱۰

(۴)-۱۱۸

در صورتی که بتوان ناحیه فشاری نمودار اندرکنش را به‌صورت یک خط مستقیم مدل کرد، با داشتن دو نقطه از آن، می‌توان معادله خط را نوشت.



$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$$

$$\Rightarrow N = -2M + 1600$$

حال می‌توان مقدار نیروی محوری ستون به ازای لنگر صفر و ۲۰۰ را محاسبه کرد:

$$M = 0 \Rightarrow N = 1600\,kN$$

$$M = 200 \Rightarrow N = 1200\,kN$$

برای به‌دست آوردن ظرفیت ستون وقتی که تحت $M_{ux} = M_{uy} = 200\,kN.m$ می‌باشد، از روش معکوس بار استفاده می‌شود.

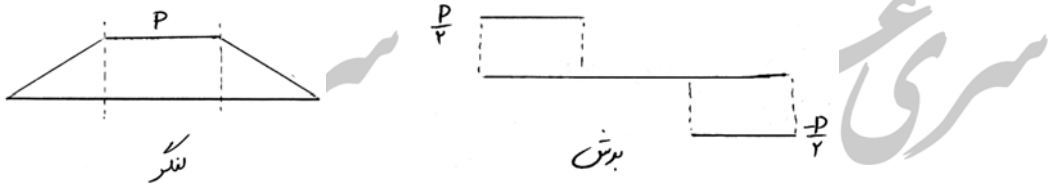
$$\frac{1}{N} = \frac{1}{N_{rx}} + \frac{1}{N_{ry}} - \frac{1}{N_0} \Rightarrow \frac{1}{N} = \frac{1}{1200} + \frac{1}{1200} - \frac{1}{1600} = \frac{5}{4800} \Rightarrow N = \frac{4800}{5} = 960\,kN$$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

٪۱۰

(۲)-۱۱۹

برای حل این سؤال ابتدا تغییرات لنگر و برش را در طول تیر به‌دست می‌آوریم.



حداکثر لنگر در وسط دهانه و حداکثر برش در دهانه‌های کناری می‌باشد. از طرف دیگر لنگر مقاوم تیر $600\,kN.m$ است و برش مقاوم تیر برابر است با:

۱- تیر بدون فولاد برشی ⇐ برش مقاوم $50\,kN$ است.

۲- تیر با فولاد برشی ⇐ حداکثر برش مجاز ناشی از فولادهای برشی ۴ برابر برش بتن است. پس برش مقاوم مقطع حداکثر (۱+۴) برابر برش مقاوم بتن یعنی $250\,kN$ است.

بنابراین در هر مرحله از بارگذاری می‌توان بار گسیختگی را براساس معیار برش حداکثر و لنگر حداکثر محاسبه کرد.

حالت اول: تیر بدون فولاد برشی

$$\begin{cases} \text{براساس لنگر حداکثر} \Rightarrow P_1' = 600\,kN \\ \text{براساس برش حداکثر} \Rightarrow \frac{P_1''}{2} = 50\,kN \Rightarrow P_1'' = 100\,kN \end{cases} \Rightarrow P_1 = min\,\{P_1', P_1''\} = 100\,kN$$

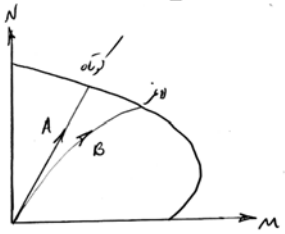
حالت دوم: تیر با فولاد برشی

$$\begin{cases} \text{براساس لنگر حداکثر} \Rightarrow P_2' = 600\,kN \\ \text{براساس برش حداکثر} \Rightarrow \frac{P_2''}{2} = 250\,kN \Rightarrow P_2'' = 500\,kN \end{cases} \Rightarrow P_2 = min\,\{P_2', P_2''\} = 500\,kN$$

بنابراین بار گسیختگی کل تیر از $100\,kN$ به $500\,kN$ افزایش می‌یابد. توجه شود که در هر دو مرحله، معیار برش حداکثر تعیین‌کننده می‌باشد.

٪۴۰

(۳)-۱۲۰

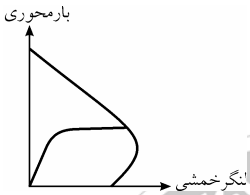


ستون لاغری که تحت بار محوری و لنگر خمشی قرار بگیرد، با کاهش مقاومت روبرو می‌شود زیرا به جهت تغییر شکل جانبی ستون، لنگر ثانویه‌ای در ستون ایجاد می‌گردد.

بنابراین اگر ستون در حالت اول مسیر A را تا گسیختگی طی کند، در حالت دوم با افزایش بار محوری، مقدار لنگر به‌صورت غیرخطی زیاد شده و ستون رفتار B را طی می‌کند. پس ستون در بار محوری کمتر و لنگر خمشی بیشتری گسیخته می‌شود.

مشابه سؤال ۴۵، طرح درس ۱۴ فصل ۶ (دیاگرام اندرکنش) کتاب سازه‌های بتنی سری عمران است.

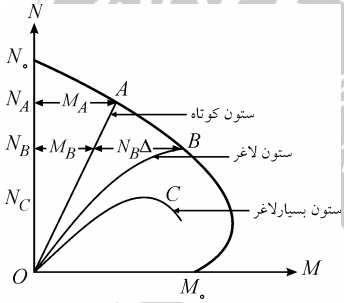
نمودار زیر نشان‌دهندهٔ چه پدیده‌ای در یک ستون بتن‌آرمه است؟



۱) گسیختگی ناشی از ازدیاد لنگر در اثر لاغری ستون
۲) گسیختگی ناشی از افزایش فوق‌العاده سریع بار محوری
۳) گسیختگی ناشی از افزایش فوق‌العاده سریع لنگر
۴) گسیختگی ناشی از کمانش خزشی

طرح درس ۱۴: گسیختگی ستون‌های لاغر

برای درک بهتر خرابی در ستون‌های لاغر، نمودار اندرکنش زیر را در نظر بگیرید:



۱) ستون کوتاه (منحنی OA)

در صورتی که ستون کوتاه باشد و بتوان از اثرات لنگر خمشی ثانویه صرفنظر کرد، لنگر حداکثر به‌صورت $M_A = N_A \cdot e$ به‌دست می‌آید که نشان از رابطه خطی بین بار و لنگر دارد.

در این حالت با شروع بارگذاری، ستون مسیر OA را طی نموده تا در نقطه A سطح شکست را قطع کند.

۲) ستون لاغر (منحنی OB)

در حالتی که ستون لاغر بوده و دیگر نتوان از اثرات لنگر خمشی ثانویه صرفنظر کرد، لنگر حداکثر از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$M_{max} = M_B + M_\Delta = N_B \cdot e + N_B \cdot \Delta = N_B(e + \Delta)$$

در رابطه فوق M_B لنگر مستقیم ناشی از بارگذاری است و M_Δ لنگر ثانویه به دلیل خروج از مرکزیت نیروی محوری N_B از مقطع تغییرشکل یافته است.

طبق این رابطه M_{max} با N_B ارتباط غیرخطی دارد. در این صورت هرچه N_B افزایش یابد، Δ هم افزایش یافته و M_{max} به مقدار بیشتری زیاد می‌شود.

در این حالت ستون مسیر OB را طی می‌کند تا در نقطه B سطح شکست را قطع کند.

۳) ستون بسیار لاغر (منحنی OC)

در صورتی که لاغری ستون شدید باشد، ممکن است خرابی بدون خرد شدن بتن و در اثر تغییرمکان بسیار زیاد و ناپایداری کمانشی ایجاد شود. در این صورت ستون در طی بارگذاری منحنی OC را طی کرده و بدون رسیدن به سطح شکست، خرابی در نقطه C اتفاق می‌افتد.

در صورتی که ستون لاغر باشد، رابطه بار محوری و لنگر خمشی به‌صورت غیرخطی بوده و در مقدار بار محوری کمتری نسبت به ستون کوتاه سطح شکست را قطع می‌کند.

۱۲۱-(۱)

در حالتی که تیر عمیق و ستون کم عرض باشد، مقاومت خمشی تیر بیشتر از ستون شده و بنابراین امکان تشکیل مفصل پلاستیک (خمیری) در ستون بیشتر می‌شود. در این صورت در یک زلزله شدید، پایداری سازه دچار مشکل خواهد شد.

این سؤال عیناً سؤال ۴۸، فصل ۶ کتاب سازه‌های بتنی سری عمران است.

در مناطق زلزله‌خیز نبایستی از تیرهای بتن‌آرمه عمیق همراه با ستون‌های کم‌عرض استفاده کرد، چون در هنگام یک زلزله شدید:

۱) خاموت‌های ستون دچار گسیختگی می‌شوند.
۲) مفاصل خمیری در ستون‌ها تشکیل خواهند شد.
۳) آرماتورهای طولی ستون جاری خواهند شد.
۴) مفاصل خمیری به تعداد خیلی زیاد تشکیل شده و سازه ناپایدار می‌شود.

در حالتی که تیر عمیق و ستون کم عرض باشد، مقاومت خمشی تیر بیشتر از ستون شده و بنابراین امکان تشکیل مفصل پلاستیک (خمیری) در ستون بیشتر می‌شود. در این صورت در یک زلزله شدید پایداری سازه دچار مشکل خواهد شد.

راهسازی و روسازی راه

۱۲۲- (۲) ٪۸۰

در بین نقاط A و B مجموع حجم خاکبرداری برابر خاکریزی است، در واقع نقاط A و B نقطه‌های تعادلی هستند و کل حجم خاکی بین نقاط A و B برابر مجموع ارتفاع قسمت‌های صعودی در نمودار صورت سؤال است.

$$۴۸۰۰+۱۲۰۰+۱۸۰۰=۷۸۰۰\ m^3$$

۱۲۳-(۳) ٪۸۰

با توجه به رابطهٔ (۶-۴) در صفحهٔ ۱۴۲ کتاب راهسازی می‌توان نوشت:

فاصلهٔ دید توقف

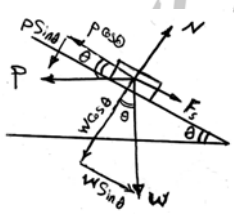
$$s=\underbrace{۰/۲۷۸\,tV}_{\text{عکس‌العمل}}+\underbrace{\frac{V^2}{۲۵۴\,f}}_{\text{طول خط ترمز}}$$

۱۲۴-(۱) ٪۳۰

با توجه به آیین‌نامهٔ طرح هندسی راه (نشریهٔ ۴۱۵) زمان توصیه شده برای رؤیت، ادراک و عکس‌العمل در محاسبهٔ فاصلهٔ دید توقف ۲/۵ ثانیه می‌باشد.

۱۲۵-(۱) ٪۴۵

با توجه به شکل زیر و روابط صفحهٔ ۹۰ در کتاب راهسازی می‌توان نوشت:



$$\sum F_y=۰ \Rightarrow N=w\cos\theta+P\sin\theta$$

$$\sum F_x=۰ \Rightarrow \underbrace{F_s}_{f.N}-P\cos\theta+w\sin\theta=۰$$

$$f\,(w\cos\theta+P\sin\theta)-P\cos\theta+w\sin\theta=۰$$

$$\xrightarrow{\div w}\ \frac{P}{w}f\sin\theta+f\cos\theta-\frac{P}{w}\cos\theta+\sin\theta=۰$$

$$\frac{P}{w}=\frac{-f\cos\theta-\sin\theta}{f\sin\theta-\cos\theta}=\frac{\sin\theta+f\cos\theta}{\cos\theta-f\sin\theta}\Rightarrow\frac{P}{w}=\frac{tg\,\theta+f}{۱-f\,tg\,\theta}$$

۱۲۶-(۱) ٪۶۰

با استفاده از روابط زیر می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{aligned}۲۸۰&=\frac{\left(\frac{۹۰}{۳/۶}\right)^2}{۱۰(e+f)}\\ \frac{e}{e+f}&=۰/۴\end{aligned}\right\}\Rightarrow\begin{cases}e+f=۰/۲۲۳۲\\ \dfrac{e}{e+f}=۰/۴\end{cases}\Rightarrow e=۰/۰۹$$

بنابراین مقدار بربلندی برابر ۹ درصد است.

این سؤال مشابه تست ۲۲ فصل ۴ کتاب راهسازی است.

در مقطعی از یک راه با سرعت طرح $۱۱۰\ km/h$، درجهٔ انحنای قوس $۰/۷^\circ$ است، اگر ٪۵۵ نیروی گریز از مرکز توسط اصطکاک خنثی شود، میزان دور در این قوس چند درصد می‌باشد؟

۱) ۵ ۲) ۶/۲ ۳) ۵/۲ ۴) ۷

از درجهٔ قوس خواهیم داشت:

$$D=\frac{۵۷۲/۹۶}{R}\Rightarrow R=\frac{۵۷۲/۹۶}{D}\Rightarrow R=۸۱۸/۵$$

اگر ٪۵۵ نیروی گریز از مرکز را اصطکاک خنثی کند، ٪۴۵ مابقی باید توسط دور خنثی شود:

$$e=\frac{۴۵}{۱۰۰}\times\frac{V^2}{Rg}=\frac{۴۵}{۱۰۰}\times\frac{\left(۱۱۰\times\frac{۱۰۰۰}{۳۶۰۰}\right)^2}{۸۱۸/۵\times۹/۸}\Rightarrow e=۰/۰۵۲\Rightarrow e=٪۵/۲$$

۱۲۷- (۴) ٪۶۰

با توجه به رابطهٔ ۶-۵ صفحهٔ ۱۴۲ راهسازی داریم:

$$\downarrow L = \frac{As^{۲}}{۲۰۰(\sqrt{h_{۱}} \uparrow + \sqrt{h_{۲}})^{۲}}$$

بنابراین افزایش $h_{۱}$ (ارتفاع چشم راننده) باعث کاهش طول قوس قائم می‌شود.

۱۲۸- (۳) ٪۷۰

با توجه به رابطهٔ فاصلهٔ خارجی قوس قائم داریم:

$$E = \left|\frac{g_{۲} - g_{۱}}{۸} L\right| \Rightarrow ۱/۸ = \left|\frac{۰/۰۵ + ۰/۰۴}{۸} \times L\right| \Rightarrow L = ۱۶۰ m$$

مشابه تمرین ۵-۵، صفحه ۱۲۴ راه

در طراحی بر روی پروفیل طولی از یک قوس قائم با شیب‌های $g_{۱} = ۲٪$ ، $g_{۲} = -۳٪$ و طول ۱۶۰ متر استفاده شده است، فاصلهٔ قائم وسط قوس از مماس ورودی چند متر است؟

حل: با توجه به رابطهٔ e_V می‌توان نوشت:

$$e_V = \left|\frac{g_{۲} - g_{۱}}{۸} L\right| = \left|\frac{-۰/۰۳ - ۰/۰۲}{۸} \times ۱۶۰\right| = ۱ m$$

۱۲۹-(۴) ٪۱۵

از آنجاکه کیفیت مصالح لایه اساس از لایه زیراساس بیشتر است، حداقل ارزش ماسه‌ای مصالح لایهٔ زیر اساس، از حداقل ارزش ماسه‌ای مصالح لایهٔ اساس کمتر است.

۱۳۰-(۲) ٪۳۰

اندود سطحی بین دو لایهٔ آسفالتی بیندر و توپکا استفاده می‌شود. از آنجاکه اندود نفوذی باید در لایه اساس نفوذ کند. پس ویسکوزیتهٔ کمتری نسبت به اندود سطحی دارد.

۱۳۱-(۱) ٪۱۵

در نموگرام شل سختی مخلوط آسفالتی، تابعی از سختی قیر و درصد حجمی مصالح و درصد حجمی قیر است.
منحنی وان در پول برای تعیین سفتی قیر استفاده می‌شود.

۱۳۲-(۱) ٪۲۵

آزمایش لعاب نازک قیر، پیرشدگی کوتاه مدت قیر را که به هنگام اختلاط و تراکم رخ می‌دهد، شبیه‌سازی می‌کند.

۱۳۳-(۳) ٪۱۵

حساسیت دمایی قیرها، به خاصیت انگمی قیر بستگی دارد.

۱۳۴-(۲) ٪۴۰

با توجه به رابطهٔ عدد سازه‌ای روسازی SN داریم:

$$SN = \frac{۱}{۲/۵}(\alpha_{۱} D_{۱} m_{۱} + \alpha + D + m_{۲} + \alpha_{۳} D_{۳} m_{۳})$$

عدد سازه‌ای روسازی (SN) را می‌توان میانگین وزنی ضخامت لایه‌های روسازی با توجه به جنس لایه در نظر گرفت.

۱۳۵-(۳) ٪۴۰

مصرف بیش از حد مقدار فیلر (بیش از۶٪) در بتن آسفالتی باعث کاهش تخلخل، افزایش مقاومت در برابر تراکم و کاهش استقامت مصالح می‌شود.

صفحه ۱۰۳ مورد ۳ کتاب روسازی

۳- مصرف بیش از حد فیلر در بتن آسفالتی سبب کاهش تخلخل، افزایش مقاومت در برابر تراکم و کاهش استقامت (به‌علت کاهش زاویه اصطکاک داخلی) مصالح می‌شود.