اقتراح لبناء جِسر مُقوّس

سير الوحدة

1. التعرُّف على الحالة – بناء جِسر مُقوّس مُكافئ 2
2. تبسيط حِساب تكلفة الموادّ لبناء الأعمدة 4
3. حِساب تكلفة الموادّ لبناء الأعمدة – دالّة تربيعيّة 5
4. حِساب تكلفة الموادّ لبناء الأعمدة – دوالّ مُختلفة؟ 6
5. حِساب تكلفة الموادّ لألواح الفولاذ 7
6. تحضير ملفّ للعَرض 8

© جميع الحقوق محفوظة

1. التعرُّف على الحالة – بناء جِسر مُقوّس مُكافئ

نَشَر مجلس السهول مُناقصة لبناء جِسر، الذي سيُستخدم لمرور المركبات والمشاة فوق وادٍ عميق في أراضيه. قرّرت شركة أ.أ. جسور م.ض. تقديم اقتراح لبناء الجِسر، وعيّنت طاقم مِهنيّ للقيام بالمشروع.

جِسر البركون*

جِسر فوق وادي البركون **

بعد التحقُّق من شروط المكان، اقترح طاقم المشروع بناء جِسر مُقوّس، حيثُ يمُرّ الطريق تحت خطّ الأقواس. أوضح الطاقم أن هذا النوع من الجسور مناسب بشكل خاص للأماكن التي يصعُب أو يستحيل فيها بناء الدّعم في مركز الجِسر، مثل الجسور فوق الأنهار والأودية العميقة. على سبيل المثال: جسر البركون (في الصورة) وجِسر Hell Gate في الولايات المُتحِدة وجِسر ميناء سيدني في أستراليا والمزيد.

صورة القوس التي اختارها طاقم المشروع للجِسر هي قطع مُكافئ - شكل وُجِدَ أنّهُ فعّال في حَمل الحمولة ويُستخْدَم في العديد من المباني حول العالم.

يُمكنكُم الحصول على انطباع من خلال الجسور المُختلفة في الروابط التالية:

- جِسر مُقوّس في ميناء سيدني (من ويكيبيديا)
  https://he.wikipedia.org/wiki/גשר_קשת #גשר
- كيف يتمّ بِناء جِسر مُقوّس؟ (موسوعة يوريكا)
  https://eureka.org.il/item/41715/
- استعمالات القوس المُكافئ في مبانٍ في العالم (من الدقيقة 5.04)
  https://www.youtube.com/watch?v=0HRA_y_hfUQ

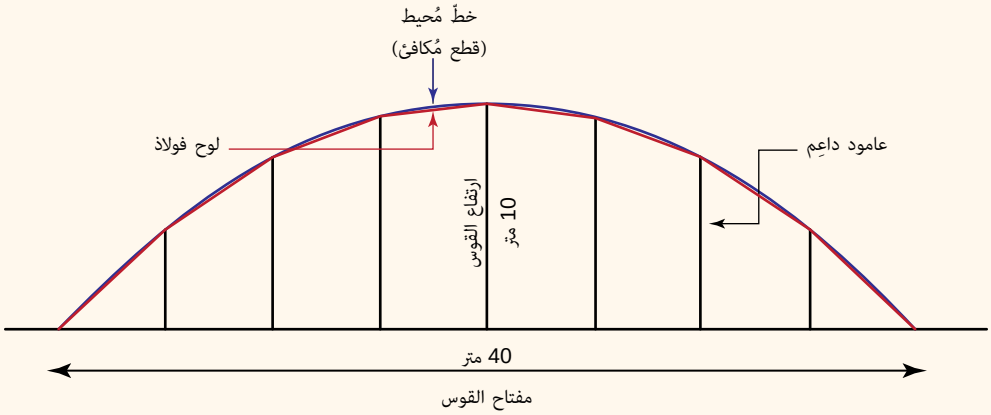
* بيلينا شكولنيك - Ilana Shkolnik, من موقع فيكيوكي

** من أوري Ori~, מעלה היצירה, Attribution https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6025250

© جميع الحقوق محفوظة

أمامكُم التخطيط الأوّليّ للجِسر، الذي عَرَضهُ طاقم المشروع لمديرة الشركة.

تخطيط أوّلي لجِسر فوق الوادي العميق في مجلس السهول



- جِسر مُقوّس، الذي يمُر فيه الطريق تحت خطّ الأقواس.
- قوسان لهُما نفس الشكل.
- كُل قوس مُكوّن من عدد من ألواح الفولاذ المُستطيلة ذات العَرض الثابت، والتي تُشكِّل تقريبًا الخطّ البيانيّ للقطع المُكافىء.
- المفتاح لكُلّ قوس (البُعد من بداية القوس وحتى نهايته) هو 40 متر.
- يتمّ رَبْط الطريق بكلّ واحد من الأقواس من خلال 7 أعمدة، تكون المسافة بينها وبين أطراف القوس متساوية
- يبلُغ ارتفاع العامود الأوسط (ارتفاع القوس) هو 10 أمتار.

اختاروا مُصطلحين مُرتبطين بمبنى الجِسر المُقوّس، واشرحوهم.

© جميع الحقوق محفوظة

2. تبسيط حِساب تكلفة الموادّ لبناء الأعمدة

التخطيط الأوّليّ لبناء الجِسر أثار إعجاب مُديرة الشركة، وطَلبت معرفة تكلفة بناء الجِسر. كجُزء من عمليّة التدريب، طُلِب من ثلاثة مُتدرِّبات في شركة أ.أ.أ. جسور م.ض. ، أن يقوموا بِحساب تكلفة الموادّ المطلوبة لبناء الأعمدة والأقواس.

أمامكُم قطعة من المحادثة التي أجرتها المُتدرّبات في سياق هذا الموضوع.

مُتدرِّبة 1: تمّ تسعير هذه الموادّ بِحسب "متر طول" أو "متر جَري". أي، يتم تحديد السعر بواسطة وحدة طول متر واحد لعرض ثابت.

- تكلفة الموادّ لبناء أعمدة الدعم هي 2,000 شاقل لمتر طول متر طول (جَري).
- تكلفة ألواح الفولاذ لبناء الأقواس هي 4,000 شاقل متر طول (جَري).

مُتدرِّبة 2: للحصول على التكلفة الإجماليّة علينا حِساب ارتفاع كل عامود، وطول كل لوح فولاذ.

مُتدرِّبة 3: لا توجد حاجة للعمل بصعوبة. يمكن تحسين الحِساب.

- اقترحوا طريقة لتحسين حِساب تكلفة الموادّ المطلوبة لأعمدة الدعم للأقواس.

© جميع الحقوق محفوظة

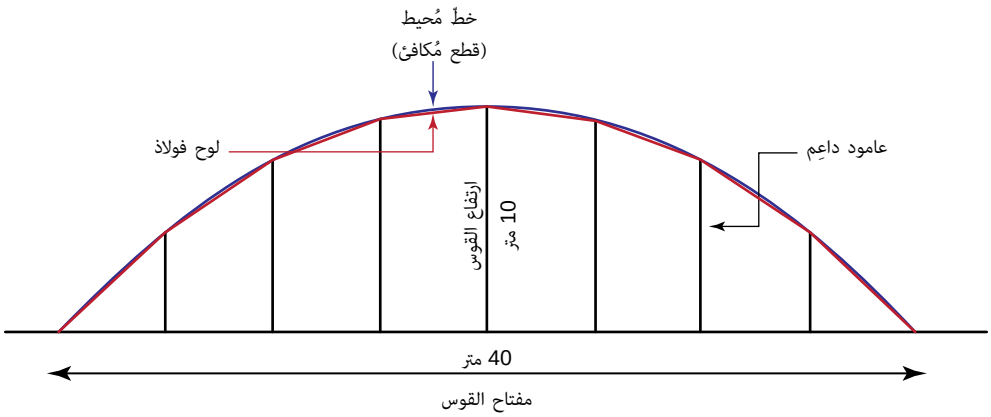
3. حِساب تكلفة الموادّ لبناء الأعمدة – دالّة تربيعيّة

قرّرت المُتدرِّبات أن يحسبوا، في المرحلة الأولى، تكلفة الموادّ المطلوبة لبناء أعمدة الدعم. أمامكُم جُزء من النقاش الذي أجروه حول هذا الموضوع.

مُتدرِّبة 1: بِحَسب ما رأينا سابقًا، بعد أن نحسب ارتفاع 3 أعمدة، يمكننا أن نجِد بسهولة ارتفاع كل الـ - 14 عامود. لكن كيف سنحسب ارتفاع الـ - 3 أعمدة؟

مُتدرِّبة 2: الأقواس هي بشكل قطع مُكافئ. إذا أضفنا هيئة محاور لمُخطّط الجِسر، يمكننا حِساب ارتفاع الأعمدة الثلاث.

1. أشيروا في التخطيط الذي أمامكُم 3 أعمدة مُلائمة لاقتراح **المُتدرِّبة 1**.



2. استعينوا باقتراح **المُتدرِّبة 2**، أضيفوا هيئة محاور لمُخطّط الجِسر، واحسبوا التكلفة الإجماليّة للموادّ لبناء الأعمدة. فصِّلوا حِساباتكُم.

© جميع الحقوق محفوظة

4. حِساب تكلفة الموادّ لبناء الأعمدة – دوالّ مُختلفة؟

تحمّست المُتدرّبات من اقتراح **المُتدرّبة 2** لإضافة هيئة محاور لمُخطّط الجِسر، لكن لم يتوصلوا إلى اتفاق بشأن موقعها. قرروا أن تقوم كُل واحدة منهن بوضع هيئة المحاور بطريقة مُختلفة، بِحسب اختيارها، وتَحْسِب أطوال الأعمدة وتكلفة الموادّ المطلوبة. بعد انتهائهم، يجتمعون ليقرروا الطريقة المُفضّلة، ويقوموا بِعرضها على الطاقم المهنيّ.
أمامكُم مقطع من مُحادثة المُتدرّبات، بعد أن عملت كُل واحدة منهن على حِدة.

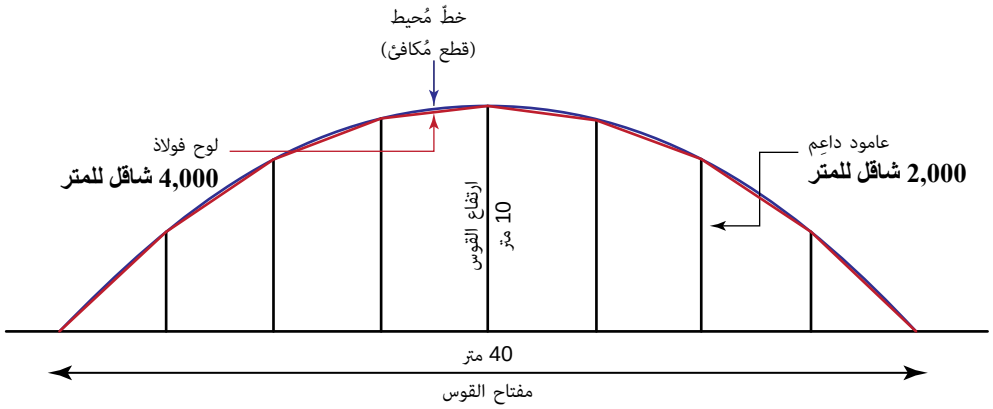
مُتدرّبة 1: المكان الذي اخترتُهُ لهيئة المحاور كان مُمتازًا. وجدتُ الدالّة $f(x)=-\frac{1}{40}x^2+10$ بسهولة، ومن ثُمّ قمتُ بحساب الطول الإجمالي للأعمدة. حصلتُ على 105 أمتار، وتكلفة الموادّ 210,000 شاقلًا.

مُتدرّبة 2: أيضًا الموقع الذي اخترته كان ممتازًا، لكن يبدو أنّهُ كان لديك خطأ، لأنّ الدالّة التي وجدتها هي $f(x)=-\frac{1}{40}x(x-40)$, وهي تختلف عن الدالّة التي وجدتِها أنتِ. هذا غريب، لأنّ أطوال الأعمدة والتكلفة التي قمتُ بحسابها هي مُطابقة لما لديك.

مُتدرّبة 1: هذا غريب فعلًا. لا أعتقد أنّني أخطأت. رُبما أنتِ أخطأتِ.

مُتدرّبة 3: يبدو لي أنّ أيًا منكُم لم تُخطيء. أنا أيضًا حصلت على نَفْس الأطوال والتكلفة، لكن المكان الذي اخترتُهُ لهيئة المحاور كان أقل نجاحًا.

1. هل بِحَسب رأيكُم طريقة حلّ **المُتدرّبة 1** صحيحة؟
   - إذا نعم، أضيفوا للمُخطّط هيئة محاور مُلائمة.
   - إذا لا، اشرحوا الخطأ.

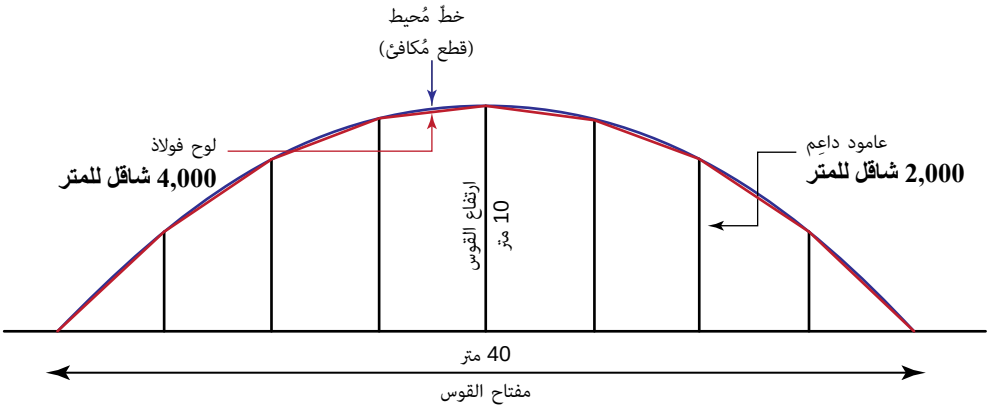


طريقة الحلّ المُتدرّبة 1

© جميع الحقوق محفوظة

2. هل بِحَسب رأيكُم طريقة حلّ **المُتدرِّبة 2** صحيحة؟

- إذا نعم، أضيفوا للمُخطّط هيئة محاور مُلائمة.
- إذا لا، اشرحوا الخطأ.



طريقة الحلّ المُتدرِّبة 2

3. أين من المُفضَّل، بحسب رأيكُم، أن نضع هيئة المحاور؟ وأين **من غير** المُفضَّل؟ علّلوا.

5. حِساب تكلفة الموادّ لألواح الفولاذ

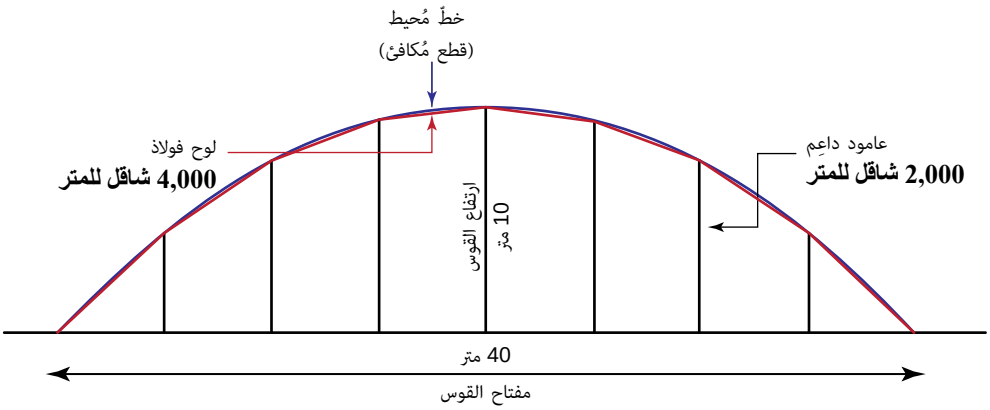
بعد أن أكملت المُتدرّبات حِساب تكلفة الموادّ المطلوبة للأعمدة، انتقلوا لحِساب تكلفة ألواح الفولاذ التي يتركّب منها القوسين. أمامكُم جُزء من النقاش الذي أجروه حول هذا الموضوع.

مُتدرِّبة 1: يمكننا أن نرى في المُخطّط أن طول جميع الألواح الفولاذية مُتساوٍ. لذلك يكفي إيجاد طول لوحة فولاذ واحدة ومن ثُمَّ نُضاعِف بحسب عدد الألواح.

مُتدرِّبة 2: هذا غير صحيح. يوجد لكُل لوح طول مُختلِف، ولهذا يجب حِساب طول كُل لوح، وهنالِك 16 لوح فولاذ!

مُتدرِّبة 3: صحيح أنّه ليست كُل الألواح لها نفس الطول. لكن هناك ألواح متساوية الطول. لذلك يمكن تحسين الحِساب. يكفي حِساب طول أربع لوحات فقط، ومن هناك يكون الأمر بسيطًا بالفعل.

© جميع الحقوق محفوظة



1. هل ادِّعاء المُتدرِّبة 1 صحيح؟ _____ اشرحوا _____

_____

2. هل ادِّعاء المُتدرِّبة 2 صحيح؟ _____ اشرحوا _____

_____

3. هل ادِّعاء المُتدرِّبة 3 صحيح؟ _____ اشرحوا _____

_____

4. احسبوا التكلفة الإجماليّة للموادّ **لبناء الأقواس**. فصِّلوا حِساباتكُم.

_____

_____

6. تحضير ملفّ للعَرض

حضِّروا اقتراحًا للملفّ الذي ستُقدِّمه المُتدرِّبات للطاقم المهنيّ في شركة أ.أ.أ. جسور م.ض.

في الملفّ يجب تفصيل تكلفة كُل الموادّ المطلوبة للأعمدة الدّاعِمة، ولألواح الفولاذ التي تُركِّب الأقواس، بما يشمل الحِسابات التي تمّ إجراؤها. يجب تبرير الطريقة التي تمّ بها إجراء الحسابات.

_____

_____

_____

_____

_____

© جميع الحقوق محفوظة